



MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

INFLUÊNCIA DA EXPOSIÇÃO A FRIO SEVERO NOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS

Joaquim Fernando Correia de Oliveira

Orientador: Professor Doutor Tomi Zlatar (Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco)

Coorientador: Professor Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Arguente: Doutora Emília Quelhas Costa (Investigador na área SHST)

Presidente do júri: Professora Doutora Maria Arminda Costa Alves (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

2018



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt

ISN: 3599*654



Telefone: +351 22 508 14 00



Fax: +351 22 508 14 40



URL: <http://www.fe.up.pt>



Correio Electrónico: feup@fe.up.pt

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais por estarem sempre do meu lado e possibilitarem a continuidade do meu percurso académico. Agradeço ainda à minha família e amigos pela compreensão e apoio.

À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em particular aos professores do Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais, com enfoque especial para o Professor Doutor João Santos Baptista, Professora Doutora Joana Guedes e Professor Doutor José Torres Costa pela toda colaboração no presente trabalho.

Um particular agradecimento ao Professor Doutor Tomi Zlatar por todos os esclarecimentos e ensinamentos no desenvolvimento do trabalho, ao João Cardoso no auxílio e condução dos ensaios e de todas as etapas sucedidas e à Denisse Bustos pela colaboração no tratamento gráfico dos dados.

Por fim, gratifico todos aqueles que de uma forma mais ou menos direta contribuíram para o desenvolver do meu percurso académico e pessoal.

A todos, um sincero e carinho

Muito obrigado

RESUMO

A exposição ao frio severo (EFS) é um fator de risco significativo na indústria de alimentos congelados, influenciando a saúde e a segurança dos funcionários. O objetivo deste trabalho é verificar influência da EFS, utilizando equipamentos de proteção individual semelhantes aos usados na indústria em parâmetros fisiológicos como a pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC), temperatura interna corporal (TIC) e temperatura da pele (TP). Um questionário foi também realizado para considerar a sensação térmica. Foram selecionados 10 voluntários do sexo masculino, não aclimatizados (média \pm dp): idade de 23.7 ± 1.95 anos e expostos por 60 minutos numa câmara climática a -20°C com vestuário de proteção. Durante a exposição, simularam atividades habitualmente desenvolvidas na indústria dos congelados como ordenar caixas em estantes. A TP foi medida em 8 pontos com sensores BIOPLUX. A TIC foi registada através da temperatura intra-abdominal com recurso a um Sensor de Comprimido Ingerível Equivital (cápsula termométrica de telemetria). Os resultados obtidos revelaram aumentos da pressão arterial sistólica (PAS) e da FC momentos após o término da EFS. Por seu turno, a pressão arterial diastólica (PAD) assinalou em média um decréscimo de 5 mmHg. No período de recuperação, foram necessários 60 para estabilização destes parâmetros. A PAS teve uma recuperação mais rápida. A TIC apesar de uma diminuição nos minutos iniciais de exposição, elevou-se em média 0.35°C . No período de pós exposição, a tendência inverte-se, sendo que 20 minutos foram suficientes para a retoma dos valores iniciais. A temperatura média da pele (TMP) diminuiu mais intensamente nos primeiros 40 minutos de EFS. O decréscimo total no frio foi de 0.80°C . Cinco minutos foram suficientes para a retoma da TMP da pré-exposição. O questionário aplicado revela que a sensação de frio foi atenuada com o decorrer do ensaio.

Concluiu-se que o vestuário e a atividade física aumentam a TIC mesmo em situações de frio extremo. Deste modo, a consideração destes parâmetros deve ser o ponto de partida para uma adequada avaliação e gestão de riscos de trabalhos nestas circunstâncias.

Palavras-chave: Exposição, Frio, Temperatura Corporal, Termorregulação, Resposta Fisiológica.

ABSTRACT

Severe cold exposure is a significant risk factor in the frozen food industry, influencing the health and safety of employees. The objective of this work is to verify the influence of the severe cold exposure, using personal protective equipment similar to those used in industry in physiological parameters such as blood pressure, heart rate, internal body temperature and skin temperature. A questionnaire was also conducted to consider the thermal sensation. Ten non-acclimatized male volunteers (mean \pm SD) were selected: age 23.7 ± 1.95 years and exposed for 60 minutes in a climatic chamber at -20°C with protective clothing. During the exhibition, they simulated activities usually developed in the frozen industry such as ordering boxes on shelves. Skin temperature was measured at 8 points with BIOPLUX sensors. Internal body temperature was recorded through intra-abdominal temperature using an Equivital Ingestable Tablet Sensor (telemetry thermometer). The results showed increases in systolic blood pressure and heart rate moments after the end of severe cold exposure. On the other hand, diastolic blood pressure showed on average a decrease 5 mmHg. During the recovery period, 60 minutes ?? were required to stabilize these parameters. Systolic blood pressure had a faster recovery. Internal body temperature, despite a decrease in the initial minutes of exposure, increased by an average of 0.35°C . In the post-exposure period, the trend reversed, with 20 minutes being enough to recover the baseline values. Mean skin temperature decreased more intensely in the first 40 minutes of Severe cold exposure. In the cold the total decrease was 0.80°C . Five minutes were sufficient for mean skins temperature retaking pre-exposure. The questionnaire that was applied reveals that the sensation of cold was attenuated with the course of the test.

It was concluded that clothing and physical activity increase internal body temperature even in extreme cold situations. Therefore, consideration of these parameters should be the starting point for an adequate evaluation and management of risks of work in these circumstances.

Keywords: Exposure, Cold, Body Temperature, Thermoregulation, Physiological Response.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	Fundamentação do trabalho.....	5
2.1	Exposição ocupacional ao Frio Severo.....	5
2.2	Efeitos imediatos da EFS.....	5
2.3	Suscetibilidade individual a patologias relacionadas com a EFS.....	6
2.4	Recomendações para o trabalho no Frio Severo	6
2.4.1	Recomendações para o trabalho no Frio Severo	7
2.4.2	Limites fisiológicos de EFS	8
2.4.3	Medição da TIC.....	10
3	Revisão Sistemática.....	11
3.1	Critérios de exclusão	12
3.2	Critérios de inclusão	12
3.3	Discussão dos resultados	13
3.3.1	Frequência cardíaca e Pressão arterial	13
3.3.2	Temperatura Interna Corporal.....	14
3.3.3	Temperatura da pele	15
4	OBJETIVOS DE DISSERTAÇÃO	16
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
5.1	Metodologia.....	17
5.2	Participantes.....	18
5.3	Equipamentos e Questionário:.....	19
5.3.1	Câmara Climática	19
5.3.2	Sensores da temperatura da pele:	20
5.3.3	Temperatura interna corporal	20
5.3.4	Pressão arterial e frequência cardíaca	21
5.3.5	Questionário de sensação térmica:	21
5.3.6	Temperatura e humidade relativa da sala.....	22
5.3.7	Vestuário de proteção.....	22
5.3.8	Isolamento térmico requerido e taxa metabólica:	22

5.4	Protocolo	22
5.4.1	Reunião inicial	22
5.4.1	Organização da câmara climática	23
5.4.2	Antes de entrar na câmara climática:	24
5.4.3	Na câmara climática:.....	24
5.4.1	Após EFS	25
5.5	Tratamento de dados:	25
6	RESULTADOS	29
6.1	Geral	29
6.1.1	Pressão Arterial e frequência cardíaca	29
6.1.2	Temperatura interna corporal.....	29
6.1.3	Temperatura da pele.....	30
6.1.4	Questionário de sensação térmica	31
6.2	Voluntário 1.....	32
6.2.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	32
6.2.2	Temperatura da pele:.....	32
6.2.3	Questionário de sensação térmica:	33
6.3	Voluntário 2.....	34
6.3.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	34
6.3.2	Temperatura interna corporal.....	34
6.3.3	Questionário de sensação térmica:	35
6.4	Voluntário 3.....	36
6.4.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	36
6.4.2	Temperatura da pele:.....	36
6.4.3	Questionário de sensação térmica:	37
6.5	Voluntário 4.....	38
6.5.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	38
6.5.2	Temperatura interna corporal e temperatura da pele	38
6.5.3	Questionário de sensação térmica:	40
6.6	Voluntário 5.....	41
6.6.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	41

6.6.2	Temperatura interna corporal:	41
6.6.3	Questionário de Sensação Térmica:	42
6.7	Voluntário 6.....	42
6.7.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	42
6.7.2	Temperatura interna corporal e temperatura da pele.....	43
6.7.3	Questionário de Sensação Térmica:	44
6.8	Voluntário 7.....	45
6.8.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	45
6.8.2	Temperatura interna corporal e temperatura da pele.....	45
6.8.3	Questionário de sensação térmica:	46
6.9	Voluntário 8.....	47
6.9.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	47
6.9.2	Temperatura interna corporal e temperatura da pele.....	47
6.9.3	Questionário de sensação térmica:	49
6.10	Voluntário 9.....	49
6.10.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	49
6.10.2	Temperatura interna corporal e temperatura da pele.....	50
6.10.3	Questionário de sensação térmica:	51
6.11	Voluntário 10.....	52
6.11.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	52
6.11.2	Temperatura interna corporal	52
6.11.3	Questionário de Sensação Térmica:	53
7	DISCUSSÃO	55
7.1	Pressão arterial e frequência cardíaca:.....	55
7.2	Temperatura interna corporal:	57
7.3	Temperatura da pele:	58
7.4	Sensação Térmica:	60
8	LIMITAÇÕES	62
9	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	63
9.1	Conclusões.....	63
9.2	Perspetivas Futuras	63

10	BIBLIOGRAFIA	65
----	--------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama das fases de pesquisa utilizando a metodologia PRISMA.....	13
Figura 2 - Layout da câmara climática.....	19
Figura 3 - Localização dos sensores da TP	20
Figura 4 - Cápsula termométrica de telemetria da TIC	21
Figura 5 - Cinto e o MSE Equivital.....	21
Figura 6 - Organização do material no interior da câmara climática	23
Figura 7 – Evolução da TMP, PA e FC do V1.....	32
Figura 8 – Evolução da TMP, TM e TT do V1	33
Figura 9 – Evolução da TIC, PA e FC do V2	35
Figura 10 – Evolução da TMP, PA e FC do V3.....	36
Figura 11 – Evolução da TMP, TM e TT do V3.....	37
Figura 12 – Evolução da TIC, Tmp, PA e FC do V4.....	39
Figura 13 – Evolução da TIC, TMP, TM e TT do V4	39
Figura 14 – Evolução da TIC, PA e FC do V5	41
Figura 15 – Evolução da TIC, TMP, PA e FC do V6	43
Figura 16 – Evolução da TIC, TMP, TM e TT do V6	43
Figura 17 – Evolução da TIC, TMP, PA e FC do V7	45
Figura 18 – Evolução da TIC, TMP, TM e TT do V7	46
Figura 19 – Evolução da TIC, TMP, PA e FC do V8	48
Figura 20 – Evolução da TIC, TMP, TM e TT do V8	48
Figura 21 – Evolução da TIC, TMP, PA e FC do V9	50
Figura 22 – Evolução da TIC, TMP, TM e TT do V9	51
Figura 23 – Evolução da TIC, PA e FC do V10	53

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Tempos de exposição e de recuperação segundo a NR29.....	7
Tabela 2 – Tempos de exposição e de recuperação segundo a DIN 33403-5, 1997.....	8
Tabela 3 – Tempos de exposição e recuperação recomendados por CCOHS e NZOHS	8
Tabela 4 – Comparação entre as linhas orientadoras da Wilderness Medical Society e a escala Suíça de estados de hipotermia	9
Tabela 5 – Comparação entre os métodos de registo da TIC e as temperaturas ambientes segundo a ISO 9886,2004	10
Tabela 6 – Bases de dados e revistas consultadas.....	11
Tabela 7 – Fases do ensaio e variáveis registadas	17
Tabela 8 – Características dos voluntários do ensaio	18
Tabela 9 – Questionário aplicado aos voluntários	21
Tabela 10 – Protocolo experimental durante EFS	24
Tabela 11 – Resultados da PAS, PAD e FC antes e após a EFS	29
Tabela 12 – Valores da TIC ao longo do ensaio	30
Tabela 13 – Evolução da Tmp, Tm, Tt ao longo do ensaio	30
Tabela 14 – Resultados do QST do grupo ao longo do ensaio	31
Tabela 15 – Resultados da PA e FC do V1 antes e após EFS.....	32
Tabela 16 – Resultados do QST do V1 ao longo do ensaio.....	34
Tabela 17 – Resultados da PA e FC do V2 antes e após EFS.....	34
Tabela 18 – Resultados do QST do V2 ao longo do ensaio.....	35
Tabela 19 – Resultados da PA e FC do V3 antes e após EFS.....	36
Tabela 20 – Resultados do QST do V3 ao longo do ensaio.....	38
Tabela 21 – Resultados da PA e FC do V4 antes e após EFS.....	38
Tabela 22 – Resultados da PA e FC do V4 antes e após EFS.....	40
Tabela 23 – Resultados da PA e FC do V5 antes e após EFS.....	41
Tabela 24 – Resultados do QST do V5 ao longo do ensaio.....	42
Tabela 25 – Resultados da PA e FC do V6 antes e após EFS.....	42
Tabela 26 – Resultados do QST do V6 ao longo do ensaio.....	44
Tabela 27 – Resultado da PA e FC do V7 antes e após EFS	45
Tabela 28 – Resultados do QST do V7 ao longo do ensaio.....	47
Tabela 29 – Resultados do QST do V7 ao longo do ensaio.....	47

Tabela 30 – Resultados do QST do V8 ao longo do ensaio.	49
Tabela 31 – Resultados da PA e FC do V9 antes e após EFS.....	50
Tabela 32 – Resultados do QST do V9 ao longo do ensaio	52
Tabela 33 – Resultados da PA e FC do V10 antes e após EFS.....	52
Tabela 34 – Resultados do QST do V10 ao longo do ensaio.	53

GLOSSÁRIO/SIGLAS/ABREVIATURAS/...

EFS-Exposição a Frio Severo

FC-Frequência cardíaca

ISO- Organização Internacional de Normalização

MSE- Módulo sensor eletrônico

NR-Norma reguladora

PAD-Pressão arterial diastólica

PA-Pressão arterial

PAS-Pressão arterial sistólica

QST-Questionário de sensação térmica

TIC-Temperatura interna corporal

TMP-Temperatura média da pele

TM-Temperatura da mão

TP-Temperatura da pele

TT-Temperatura da testa

PARTE 1

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos o ser humano evoluiu no sentido de reduzir a sua exposição ao frio recorrendo, para isso, aos meios ao seu dispor como roupa, fogo ou abrigo (Launay & Savourey, 2009). A exposição ao frio poderá ocorrer em atividades do quotidiano, em atividades de lazer ou em atividades ocupacionais através da exposição a ar frio, da imersão em água fria ou do contacto com objetos ou superfícies frias (Mäkinen, 2007). O decréscimo da performance física e mental, o aumento da morbilidade, do absentismo e, consequentemente, do prejuízo económico para trabalhadores e empregadores são, do ponto de vista macroscópico, as consequências diretas da exposição a este tipo de ambientes (Mitu & Leon, 2011).

Na indústria alimentar é continuada a utilização de sistemas de refrigeração e congelação com o intuito de preservar alimentos. Seguindo a tendência verificada nos últimos anos, é razoável prever-se um aumento significativo do consumo de bens alimentares que sofram este tipo de processo e, naturalmente, da expansão da indústria de congelados (Baldus et al., 2012). Os trabalhadores cuja a atividade profissional se encontra ligada a este tipo de indústria estão repetidamente expostos a temperaturas muito baixas e, como tal, a riscos que podem concretizar-se em danos sérios na sua saúde (Kim et al., 2007).

As diretrizes e recomendações existentes para a atividade não são específicas quanto às tarefas, tempos de exposição e de repouso. A investigação levada a cabo nesta área revela-se economicamente pouco acessível e está, por isso, ao alcance de poucos. Tornam-se assim relevantes os estudos que analisam o nível de EFS em espaços fechados e as suas consequências na saúde dos humanos, estabelecendo limites fisiológicos para a exposição e procedimentos organizacionais (tempos máximos de exposição, tempos de pausa, tipos de tarefas, entre outros) que garantam a segurança dos trabalhadores.

Com o objetivo de fornecer conhecimento científico para o trabalho a temperaturas negativas extremas, realizaram-se ensaios laboratoriais, simulando com recurso a uma câmara climática e a equipamento de proteção individual adequado, o trabalho em ambiente de frio extremo (-20°C).

Pretende-se analisar o comportamento da TIC, TP, FC e a PA em 10 indivíduos antes, durante e após a EFS.

2 FUNDAMENTAÇÃO DO TRABALHO

2.1 Exposição ocupacional ao Frio Severo

Atualmente existem diversas atividades profissionais que implicam a exposição a temperaturas baixas, tanto ao ar livre como em ambientes fechados. Quando em ambientes ao ar livre (como acontece na construção, na agricultura ou na pesca), o estudo da exposição ao frio assume especial preponderância em zonas de alta latitude, caracterizadas por invernos mais longos e severos (Mäkinen, 2007). Ao contrário do que acontece no tipo de exposição em ambientes exteriores, a gestão dos riscos ocupacionais é facilitada pelas condições previsíveis e constantes características da exposição ao frio quando em ambientes fechados (T. Zlatar et al., 2017). Esta poderá ocorrer de distintas formas, tais como tarefas que envolvem a imersão de membros em água a baixa temperatura ou o contacto com objetos frios sendo, no entanto, mais comum em indústrias alimentares onde, para além da possibilidade dos trabalhadores desempenharem as tarefas antes mencionadas, existe a necessidade de conservar os alimentos a temperaturas baixas (entre 0°C e 10°C para a refrigeração e -20°C ou menos para a congelação) (Mäkinen & Hassi, 2009).

2.2 Efeitos imediatos da EFS

Os efeitos imediatos da EFS traduzem-se no aumento da PAS e PAD e na estimulação do sistema nervoso simpático, responsável pela existência de vasoconstrição periférica que diminui a circulação do sangue à superfície da pele, passando esta a realizar-se essencialmente nos órgãos vitais, salvaguardando o seu funcionamento (Li et al., 2009 e Komulainen et al., 2004). Para além disso, tanto a TIC bem como a TP diminuem, registando-se também um decréscimo na performance muscular, da destreza de movimentos e um aumento na fadiga (Zlatar et al., 2015). Do ponto de vista cognitivo, a investigação levada a cabo por Mäkinen et al. (2006) sobre o efeito da exposição repetida ao frio (10°C) no desempenho cognitivo concluiu que condições ambientais semelhantes favorecem situações de distração e, conseqüentemente, a ocorrência de acidentes. A exposição continuada poderá resultar em lesões corporais e patologias tais como a hipotermia, úlceras por frio, pé-de-imersão (também designado por pé de trincheira), frieiras e doença de Raynaud (Sutton, 2015). Para além destas, é relatada em alguns estudos a influência do frio na prevalência e agravamento de lesões músculoesqueléticas em indivíduos expostos ocupacionalmente a temperaturas negativas e que possuem tarefas altamente repetitivas, frequentes na indústria alimentar (Mäkinen & Hassi, 2009).

2.3 Suscetibilidade individual a patologias relacionadas com a EFS

As características individuais poderão aumentar a suscetibilidade ao desenvolvimento de patologias relacionadas com o frio, assumindo um papel relevante os seguintes fatores: a idade (infância e idade avançada); a subnutrição; a condição física; o consumo de drogas (álcool, sedativos, analgésicos); o sistema endócrino (hipoglicemia, hipotireoidismo, insuficiência suprarrenal e diabetes); o sistema cardiovascular (doença vascular periférica e uso de nicotina); o sistema neurológico (neuropatia periférica, lesão na medula espinal, distúrbios hipotânicos); traumas (lesões ou fraturas que causem imobilidade) e infeções (diaforese e disfunção hipotalâmica) (Biem et al., 2003).

Indivíduos asmáticos revelam-se também mais vulneráveis ao ambiente frio. Os resultados do estudo levado a cabo por Hyrkäs et al. (2016) revelam que o ambiente frio agrava os sintomas de asma em indivíduos que possuem a doença pouco controlada.

Também em indivíduos fumadores, as consequências do frio, sobretudo no sistema respiratório parecem ser mais acentuadas do que em indivíduos que nunca fumaram, sugerindo, desse modo, uma relação entre o ambiente frio e o fumo no controlo dos sintomas de doenças respiratórias.

A adaptação às temperaturas negativas poderá também variar de indivíduo para indivíduo conforme relatado no estudo de Launay & Savourey (2009) sobre a adaptação ao frio e onde se referem que os vários tipos de adaptação variam consoante a intensidade da exposição e fatores individuais tais como a gordura corporal, a frequência de exercício físico e a dieta.

Um questionário (Penzkofer, Kluth e Strasser, 2013) constatou que os trabalhadores de reposição de stocks de camaras de congelação apresentavam várias queixas, especialmente na parte superior do corpo.

A hiperpneia prolongada e repetida associada ao ar seco e frio representa um stresse ambiental significativo para as vias aéreas proximais e distais, levando ao desenvolvimento de sintomas respiratórios, hiperresponsividade e lesão das vias aéreas e inflamação e remodelação das vias aéreas (Sue-chu 2012).

A. Oliveira (Oliveira et al. 2014) no seu estudo destaca que a sensação média de frio e a ocorrência de problemas metabólicos e outras complicações de saúde são ligeiramente maiores entre as mulheres. Sendo este o género mais predominante no setor de distribuição de alimentos, caracterizado por uma população jovem, com carreira profissional de curta duração.

2.4 Recomendações para o trabalho no Frio Severo

A Organização Internacional de Normalização (ISO 15743, 2008) fornece recomendações sobre a avaliação de risco e saúde em ambiente frio (ao ar livre e em ambientes fechados) e medidas preventivas organizacionais para o trabalho no frio:

- Na fase de planeamento do projeto: programar o trabalho para a estação mais quente (para trabalho ao ar livre). Verificar se o trabalho pode ser realizado em ambientes resguardados

(para trabalho ao ar livre); usar roupas de proteção contra o frio para prolongar o tempo de exposição; disponibilizar um espaço aquecido para recuperação; Proporcionar períodos de adaptação; verificar o conhecimento e competência do pessoal para a realização do trabalho nestas condições.

- Antes de cada turno de trabalho: verificar as condições climáticas antes do início dos trabalhos; agendar regimes adequados de trabalho e repouso; estudar o controlo individual da intensidade das tarefas e do vestuário a utilizar; organizar um sistema de comunicação para tarefas ao ar livre.
- Durante o trabalho: proporcionar períodos de descanso em local aquecido; efetuar intervalos frequentes durante a exposição ao frio para ingestão de bebidas e alimentos quentes; substituir componentes de vestuários (meias, luvas...); fornecer roupas extras para suportar do frio; monitorizar as reações subjetivas de exposição; proporcionar tempos de recuperação suficientes após exposições severas.

No entanto, as indicações fornecidas pela ISO 15743:2008 são gerais e baseiam-se apenas em boas práticas, pretendendo-se que os profissionais de segurança e saúde no trabalho ou profissionais pertencentes a quadros superiores as implementem.

A Norma Reguladora NR 29 (Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, 2003) aborda os tempos limite de exposição ao frio.

Existem ainda algumas diretrizes oriundas de entidades nacionais (cujos os nomes são seguidamente designados em inglês) como é o caso do Canadian Center for Occupational Health & Safety (CCOHS); do New Zealand Occupational Health and Safety (NZOHS), 1997; Croatian Institute for Health Protection and Safety at Work, 2016; Work Safe Victoria 2008; Safe Work Australia 2011 e WorkCover NSW 2001 que permitem realizar avaliações de trabalho / tarefa, criar planos de trabalho seguros e monitorizar condições para proteger a saúde e segurança de trabalhadores expostos a temperaturas frias (Tomi Zlatar et al., 2017).

2.4.1 Recomendações para o trabalho no Frio Severo

As recomendações na **Norma Reguladora Brasileira NR 29** (Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho 2003) para os tempos de trabalho e descanso no frio está descrita na tabela 1.

Tabela 1 – Tempos de exposição e de recuperação segundo a NR29

Temperatura do ar (°C)	Exposição máxima diária		
	Exposição diária total	Tempo interrompido máximo	Tempo de recuperação
+15 a -17.9	400min (6h40min)	4 x 100 min (1h40min)	20 min
-18 a -33.9	240 min (4h)	4 x 60 min (1h)	60 min
-34 a -56.9	60 min (1h)	2 x 30 min (0.5h)	240 min (4 h)
-57 a -73	5 min	1 x 5 min	Resto do dia
Abaixo dos -73	Não permitido	-	-

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) fornece recomendações para os operadores que trabalham em arcas frigoríficas (abaixo de -20°C), onde o período de trabalho de 50 minutos deve ser seguido por um período de repouso de 10 minutos (Johnston et al., 1994)

O Instituto Alemão de Normalização (DIN) dá recomendações para o trabalho / períodos de descanso (DIN 33403-5, 1997) conforme ilustrado na tabela 2.

Tabela 2 – Tempos de exposição e de recuperação segundo a DIN 33403-5, 1997

T° do ar (°C)	Tempo interrompido máximo (min)	Tempo de recuperação
-5 a -18	90	20% do tempo exposto
-18 a -30	90	30% do tempo exposto
Abaixo de -30	60	100% do tempo exposto

O CCOHS e o NZOHS fornecem recomendações para períodos de trabalho/repouso baseados no documento publicado pela Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais ((ACGIH), American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2012) que cede recomendações para trabalhar a temperaturas abaixo de -26°C , ilustradas na tabela 3.

Tabela 3 – Tempos de exposição e recuperação recomendados por CCOHS e NZOHS

Temperatura do ar (°C) Céu limpo	Sem vento		Vento a 8km/h		Vento a 16km/h		Vento a 24km/h		Vento a 32km/h	
	Período max. de trabalho (min)	Nº de pausas	Período max. de trabalho (min)	Nº de pausas	Período max. de trabalho (min)	Nº de pausas	Período max. de trabalho (min)	Nº de pausas	Período max. de trabalho (min)	Nº de pausas
-26 a -28	Normal	1	Normal	1	75	2	55	3	40	4
-29 a -31	Normal	1	75	2	55	3	40	4	30	5
-32 a -34	75	2	55	3	40	4	30	5	Apenas trabalho urgente	
-35 a -37	55	3	40	4	30	5	Apenas trabalho urgente			
-38 a -39	40	4	30	5	Apenas trabalho urgente					
-40 a -42	30	5	Apenas trabalho urgente							
-43 e abaixo	Encerrar trabalhos não urgentes									

2.4.2 Limites fisiológicos de EFS

A Organização Internacional de Normalização (ISO) estabelece um limite fisiológico, para a temperatura interna, nunca inferior a 36°C (ISO 9886, 2004) quando esta é monitorizada de forma intermitente e quando a exposição será repetida no mesmo dia. Em circunstâncias excepcionais, o padrão ISO permite que temperaturas mais baixas sejam toleradas por períodos curtos:

- Se os sujeitos forem submetidos a exames médicos;

- Se as temperaturas locais da pele forem controladas simultaneamente e os limites relevantes respeitados (apenas diz respeito ao limiar da dor);
- Se a temperatura da pele (especialmente extremidades) não for inferior a 15°C;
- Se o trabalhador tiver autorização para abandonar o trabalho assim que quiser.
- Se a variação da frequência cardíaca não for maior do que 33bpm.

Enquanto alguns países fornecem regulamentos e recomendações precisas sobre os períodos de trabalho/descanso em locais de trabalho frios com diferentes faixas de temperatura do ar, a Organização Internacional de Normalização sugere recomendações para as temperaturas interna e da pele em ambientes frios (internos e externos) e estratégias de avaliação de riscos para a saúde bem como respetivas medidas preventivas organizacionais.

Ambas as abordagens parecem ter vantagens e desvantagens. Os regulamentos e recomendações de países com períodos de trabalho/descanso oferecem uma abordagem fácil de implementar, mas não consideram o tipo de trabalho/esforço físico do trabalhador, portanto, em alguns casos, pode resultar num período de recuperação muito curto ou longo. As recomendações ISO 9886: 2004 que sugerem temperaturas mínimas interna e da pele constituem uma abordagem de difícil implementação, exigem equipamentos complexos, procedimentos e conhecimentos para analisar e interpretar resultados, mas dá a possibilidade de adaptar o tempo de exposição de acordo com a atividade de trabalho e características individuais dos trabalhadores.

Na tabela 4 está presente a comparação entre as linhas orientadoras da Wilderness Medical Society e a escala Suíça de estados hipotermia, com manifestações clínicas e recomendações (Hofmeyr et al, 2017).

Tabela 4 – Comparação entre as linhas orientadoras da Wilderness Medical Society e a escala Suíça de estados de hipotermia

Temperatura Interna	Manifestações clínicas	Wilderness Medical Society	Escala Suíça de hipotermia	Recomendações	
>36°C	Normal	Normal	Normal	Reduzir a perda de calor através de vestuário ou abrigo; aumentar a produção de calor através de exercício ou comida/bebida	
>35°C	Sensação de frio	Stress térmico	Stress térmico		
35°C	Início dos tremores	Hipotermia ligeira (32-35°C)	Hipotermia I: Consciente com tremores	Prevenir novas perdas; medir a temperatura interna; aumentar o aquecimento passivo através da reposição de calorias; aquecer-se ativamente	
34°C	Perda de coordenação precisa				
33°C	Alterações comportamentais, disartria				
32°C	Letargia				
31°C	Ataxia e perturbações na consciência	Hipotermia moderada (28-32°C)	Hipotermia II: Consciência perturbada com tremores	Referido a acima, acrescentando o aquecimento ativo em todos os casos: usar objetos quentes, ingerir fluidos quentes e ventilação forçada quente; acesso intravenoso e intraósseo, proteção contra trauma após queda e choques.	
30°C					
29°C					Fim dos tremores
28°C					Diminuição do limiar da fibrilação
27°C	Perda de consciência	Hipotermia severa (<28°C) Hipotermia Profunda	Hipotermia III: Perda de consciência	Referido a acima, acrescentando a proteção das vias aéreas; oxigénio suplementar, ventilação, medição da temperatura esofágica; reanimação se não existirem sinais vitais, aquecimento de forma invasiva e agressiva;	
26°C					
25°C	Perda de reflexos e da sensação de dor		Hipotermia IV: Morte aparente		
24°C					
<24°C	Hipotensão e bradicardia				

<13°C	Sinais vitais indetectáveis; assistolia abaixo dos 18°C	(<24°C ou <20°C)	Hipotermia V: Morte	terminar se o soro de potássio >12 mmol/L ou as lesões forem incompatíveis com a vida
-------	---	------------------	---------------------	---

2.4.3 Medição da TIC

A temperatura interna revela-se um parâmetro importante a ser monitorizado, permitindo manter a segurança dos indivíduos expostos ao frio. Segundo a Organização Internacional de Normalização (ISO 9886, 2004), é possível medir a temperatura interna recorrendo a 7 indicadores: a temperatura esofágica, a temperatura retal, a temperatura intra-abdominal, a temperatura oral, a temperatura timpânica, a temperatura do canal auditivo e temperatura da urina. No entanto, o mesmo documento realça que existem limitações em alguns métodos, nomeadamente na obtenção da temperatura interna através da temperatura retal ou do tímpano, considerando-os métodos desaconselhados para a recolha de temperatura interna corporal em ambientes frios. Por outro lado, considera a temperatura intra-abdominal independente da temperatura ambiente e, por isso, válida para a obtenção da temperatura interior, exceto nos casos em que o abdómen esteja a receber calor forte e localizado. Na tabela 5 encontram-se descritos a adequabilidade dos métodos a usar na obtenção da TIC perante as temperaturas ambientes (ISO 9886, 2004).

Tabela 5 – Comparação entre os métodos de registo da TIC e as temperaturas ambientes segundo a ISO 9886,2004

	Relevância			Interpretação
	Temperaturas Frias	Temperaturas Moderadas	Temperaturas Quentes	
Temperatura média do corpo	+	+	+	Requer cuidados acrescidos com o equipamento
Esofágica	+	-	+	1
Retal	-	+	+	0
Intra-abdominal	+	-	+	1
Timpânica (por transdutor)	-	+	+	1
Timpânica (por aparelho de infravermelhos)	-	+	+	1
Canal auditivo	-	+	+	1
Urina	-	+	+	0
Frequência Cardíaca	-	-	+	2
T média da pele	+	+	+	2
Perda de suor	-	+	+	1

O estudo levado a cabo por Bagley et al. (2011) sobre a validação de dispositivos para medição da temperatura interna durante a exposição ao frio conclui que as temperaturas timpânica, oral e do canal auditivo são inválidas para a recolha da temperatura interna. Na temperatura timpânica a anatomia da orelha e o menor fluxo sanguíneo associado ao ar frio podem fornecer temperaturas menores às reais. No método oral, a abertura da cavidade induz a entrada de ar frio que condiciona também a validade dos resultados. Nos restantes sistemas utilizados no estudo (temperatura das axilas, testa e retal), desvios estatísticos significativos condicionam a utilização destes,

reconhecendo como válida a temperatura gastrointestinal quando existe a exposição do indivíduo em ambientes frios.

3 REVISÃO SISTEMÁTICA

A revisão sistemática realizou-se durante o período de setembro de 2017 a fevereiro de 2018. Na primeira fase da análise, foi realizada uma pesquisa bibliográfica utilizando o método PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*) (Liberati, A et al., 2009) sendo as referências dos artigos selecionados geradas através do Mendeley (versão 1.17.13).

O processo de pesquisa realizou-se em bases de dados e revistas científicas. No total, 8 bancos de dados de 3 áreas disciplinares distintas foram consultados como é descrito na tabela 6.

Tabela 6 – Bases de dados e revistas consultadas

	Bases de dados	Critério	Revistas científicas	Critério
Multidisciplinares	SCOUPUS	Título/Resumo/Palavras-chave		
	Web of Science	Título	Wiley Online Library	Resumo
Saúde	PUBMED	Título/Resumo	BioMed	Não especificado
	MEDLINE	Resumo		
Engenharia	Science Direct	Título/Resumo/Palavras-Chave	Taylor and Francis	Título

As palavras-chave foram definidas em língua inglesa, para abranger um maior número de resultados válidos, sendo combinadas e articuladas na pesquisa do seguinte modo: “*Core temperature*” e “*Cold exposure*”; “*Core temperature*” e “*Cold Temperature*”; “*Cold Exposure*” e “*Body Temperature*”; “*Cold exposure*” e “*Temperature response*”; “*Cold Temperature*” e “*Skin Temperature*”; “*Cold Exposure*” e “*Smoking*”; “*Cold Temperature*” e “*Smokers*”; “*Cold Exposure*” e “*Cigarette*”; “*Cold exposure*” e “*Winter clothes*” e por fim “*Cold Temperature*” e “*Exposure Time*”. Excepcionalmente, a pesquisa de artigos no banco de dados da revista BioMed, foi restringida as seguintes combinações de palavras-chave: “*Core temperature*” e “*Cold exposure*”; “*Core Temperature*” e “*Cold Temperature*”; “*Cold Temperature*” e “*Skin Temperature*”; “*Cold Exposure*” e “*Smoking*”; uma vez que nesta revista de dados, não era possível a aplicação de filtros de pesquisa de forma prévia, sendo inviável em tempo útil fazê-lo de modo manual. Nesta etapa, foram recolhidos um total de 6676 artigos provenientes da pesquisa em bases de dados e revistas científicas aos quais se adicionaram 3 artigos de uma revisão sistemática sobre o tema “*Influence of Severe Cold Thermal Environment on Core and Skin Temperatures*”, inserida no programa doutoral de Segurança e Saúde Ocupacionais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, levada a cabo por Tomi Zlatar no período de 2015 a 2017.

3.1 Critérios de exclusão

Do número total de artigos recolhidos numa primeira fase foram excluídos 6611 por não respeitarem os seguintes critérios: Datados entre o ano 2007 a 2017 (3769 artigos rejeitados); Tipo de documento: Artigo (262 artigos rejeitados); Tipo de fonte: Jornal (65 rejeitados); Redigidos em língua inglesa (49 rejeitados);

Um total 2466 artigos foram rejeitados, por não honrarem critérios suplementares, como: o alvo do estudo ser em humanos, do sexo masculino, com a idade compreendida entre 19 a 44 anos, não usarem terapias do frio ou qualquer outra exposição que não seja o contacto com o ar frio.

3.2 Critérios de inclusão

Dos 68 artigos selecionados, após a aplicação dos critérios de exclusão, 25 deles eram repetidos, sendo excluídos previamente desta fase. De igual modo, 2 artigos foram excluídos por relatarem o mesmo protocolo e resultados (“Human conscious response to thermal input is adjusted to changes in mean body Temperature” e “Parasympathetic Activity and Blood Catecholamine Responses Following a Single Partial-Body Cryostimulation and a Whole-Body Cryostimulation”).

Assim, 41 artigos foram considerados válidos para a aplicação dos critérios que se seguem: Temperatura do ar ≤ -5 °C (11 artigos rejeitados); Temperatura constante ao longo do ensaio (4 artigos rejeitados); Medição da temperatura interna e/ou da pele (9 artigos rejeitados); Considerando a utilização de roupas do frio (0 artigos rejeitados); Exposição ao frio do corpo inteiro (1 artigo rejeitado).

Por equívocos na aplicação dos critérios de exclusão 6 artigos do total de 41 analisados foram rejeitados (Revisão: 2; Mulheres:1; Fora do tema:3).

Após o processo de inclusão, selecionaram-se 10 artigos. Na figura 1 é apresentada a metodologia seguida para a realização de todo o processo de pesquisa.

No que diz respeito aos artigos obtidos, o objetivo posterior foi avaliá-los pormenorizadamente, definindo o objetivo do estudo, tipo de trabalho realizado, características individuais dos sujeitos, vestuário utilizado, temperatura do ensaio, variáveis monitorizadas, e o método de recolha de dados. Toda esta avaliação mais aprofundada foi então a base teórica para a realização deste estudo que fundamentou todos os resultados obtidos. Esta tabela pode ser consultada no Anexo I.

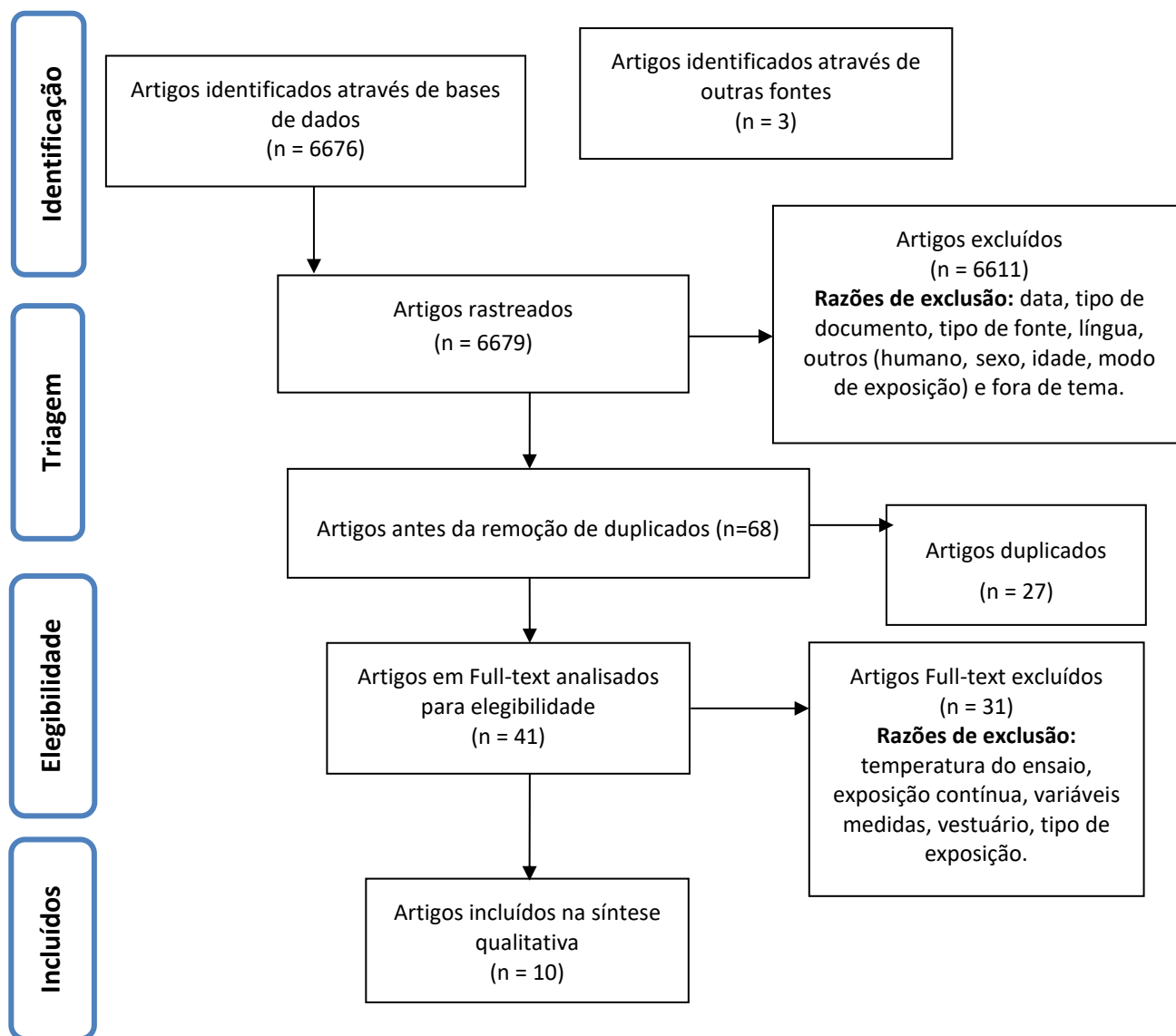


Figura 1 - Diagrama das fases de pesquisa utilizando a metodologia PRISMA

3.3 Discussão dos resultados

3.3.1 Frequência cardíaca e Pressão arterial

A FC e a PA foram abordadas em 2 estudos (Li et al. 2009, Kluth et al. 2013), tendo sido observados comportamentos diferentes no que diz respeito à FC.

No estudo de Hyrkäs et al. (2016), verificou-se uma redução da FC na exposição ao frio, com um decréscimo de $1,0 \pm 4$ bpm (variação de -7,5 a 8,9) face aos valores de controlo ($66,4 \pm 9,6$ bpm). Ao passo que no estudo de Kluth et al. (2011) registou-se um aumento da FC em relação aos

valores base. Esta tendência pode ser justificada por uma exigência física mais elevada do protocolo, em que obriga aos participantes ordenarem, em estantes, paletes e mercadorias a um ritmo considerável. Os aumentos foram mais significativos nos indivíduos mais jovens, sendo estes mais dotados de uma maior capacidade cardíaca. A EFS sugere a existência de uma resposta do sistema nervoso autónomo com um aumento da atividade parassimpática e consequente aumento dos batimentos por minuto do coração que, ao longo da exposição repetida ao frio, tende a diminuir (Hyrkäs et al., 2016).

Relativamente à PA, em ambos os estudos, regista-se um aumento dos valores na exposição a temperaturas frias. O nível de PA foi atingido 5 min após o início da exposição ao frio estabilizando durante os restantes 10 min (Hyrkäs et al., 2016).

A utilização de vestuário de proteção na cabeça (Chapéus) foi uma maneira encontrada fácil de reduzir a tendência de aumento PA. O uso de chapéus também promoveu uma recuperação mais rápida da TP e da PA (Li et al., 2009). Uma vez que os riscos de problemas cardiovasculares após a exposição ao frio aumentam com a idade, as roupas de inverno que incluem cobertura da cabeça devem ser uma prática recomendada em ambiente frio para pessoas mais velhas.

3.3.2 Temperatura Interna Corporal

A TIC foi observada em 8 estudos selecionados (Kluth et al. 2013, Wiggen et al. 2011, Kim et al. 2007, Flouris et al. 2008, Daanen 2009, Gao et al. 2015, Renberg et al. 2015, Strapazzon et al. 2015) sendo que a sua variação na exposição ao frio foi medida em 5 artigos, registando-se sempre um decréscimo desta quando comparada com as temperaturas de conforto (Kluth et al., 2013; Wiggen et al., 2011; Kim et al., 2007; Daanen, 2009; Renberg et al., 2015). A medição retal foi o método mais usado para obtenção dos valores da TIC, exceção feita aos estudos de Kluth et al. (2013) e Renberg et al. (2015), onde a medição da temperatura do tímpano foi considerada, registando-se maiores variações dos valores (-1.0 a -2.0°C face a temperatura de controlo).

Apenas num estudo a TIC decresceu para valores inferiores aos 36 °C (Kluth et al., 2013), atendendo que a monitorização da mesma foi obtida pelo tímpano, o resultado pode ser eventualmente justificado pelo facto de existirem diferenças individuais na anatomia vascular da orelha, na condutividade térmica e perfusão dos tecidos que podem influenciar um registo fiável da temperatura interna (Strapazzon et al., 2015)

Verificou-se que a diminuição da TIC foi menos acentuada quando os protocolos exigiam um maior esforço físico ou dinamismo. Em oposição ao que seria expectável em conforto térmico, a noradrenalina desceu mediante o aumento da intensidade da atividade, acarretando a produção de calor, diminuindo o choque da exposição ao frio extremo (Kim et al., 2007). A idade apresentou-se como um fenómeno relevante na variação da TIC na EFS, sendo mais intensificada nos trabalhadores mais velhos (Kluth et al., 2013). A maior velocidade do ar amplia o decréscimo da TIC que teve um comportamento inverso quando o valor da WCET (temperatura equivalente à temperatura do vento) foi menor (Daanen, 2009; Wiggen et al., 2011). No ensaio de Kluth et al.

(2013), o tempo de recuperação de 20 minutos após a EFS, foi insuficiente para que a TIC de todos os participantes atingisse os valores iniciais.

3.3.3 Temperatura da pele

A diminuição da TMP registou-se nos 8 estudos em que a variável foi medida (Li et al. 2009, Kluth et al. 2013, Wiggen et al. 2011, Lundgren et al. 2014, Kim et al. 2007, Daanen 2009, Gao et al. 2015, Renberg et al. 2015), sendo o decréscimo amplamente acentuado quando a velocidade do ar aumentou (Daanen, 2009).

A capacidade de trabalho e destreza manual também foi associada, sendo reduzida após 50 minutos de exposição a -5 °C e após 100 minutos de exposição a -15 °C. Estes resultados mostram que mesmo as exposições de duração relativamente curta podem reduzir a capacidade de realizar tarefas de destreza com as mãos (Wiggen et al., 2011). De acordo com a equação de Daanen, a destreza dos dedos é reduzida em 8,9% a -15 °C após 25 minutos de exposição, sendo gravemente prejudicada quando a temperatura média dos dedos atinge os 14 °C, embora a 20 °C os efeitos já se comecem a sentir (Wiggen et al., 2011).

No entanto, dois dos artigos incluídos concluíram que as tarefas de destreza manual não estavam correlacionadas com as temperaturas médias do corpo (Kim et al., 2007 e Daanen, 2009).

Verificou-se resultados díspares no comportamento da temperatura das extremidades quando expostas ao frio. No estudo de Lundgren et al., (2014) em 60 minutos contínuos de exposição a -20 °C nunca a temperatura dos dedos das mãos baixou para valores de 8°C. Contrariamente a uma temperatura de -25 °C e por um período de exposição de 108 minutos registou-se uma alta taxa de abandono devido a redução da temperatura dos dedos para 8 °C. Os cinco indivíduos que resistiram a todo o protocolo apresentavam características de maior compleição física, sendo que para além dos fatores relacionados com o tipo de roupa de proteção e a intensidade do exercício, a variabilidade individual não pode ser descurada (Wiggen et al., 2011).

Todavia, a tendência da temperatura dos dedos decrescer na exposição ao frio é consistente a todos os estudos, sendo mais acentuada quanto menor for a temperatura de exposição. No estudo de Gao et al. (2015) numa exposição de -34°C, a temperatura do dedo mindinho da mão foi de cerca de -10 °C quando comparada com uma exposição de 3.4°C. A temperatura do dedo do pé caiu dos 20 °C para 16°C. As diferenças da temperatura do dedo do pé são ainda mais acentuadas no estudo de Kim et al. (2007) onde a temperatura desceu de 27°C para 14°C

A -15 °C a temperatura média da pele e a temperatura do dedo caíram 2,7 °C e 15°C respetivamente quando confrontada com exposições de -5°C (Renberg et al., 2015).

A produção de força dinâmica é altamente dependente da temperatura. Mesmo uma temperatura muscular ligeiramente inferior pode influenciar a contração dos músculos antagonistas contribuindo para um menor poder muscular. (Wiggen et al., 2011). Estas considerações são suportadas pelo estudo de Kim et al. (2007), estabelecendo-se uma relação entre a TMP e a

capacidade de elevar cargas. Uma TMP menor apresenta ser um dos fatores limitantes no desempenho da performance física e na destreza manual.

As pausas regulares, em locais com temperaturas quentes (conforto térmico) e por períodos alargados foram consideradas necessárias para uma otimização do trabalho e para a saúde dos trabalhadores expostos a baixas temperaturas (Kim et al., 2007; Weder et al., 2014). No estudo de Weder et al., (2014), um período de pausa de 20 minutos, a aproximadamente + 20 °C, não foi suficiente para garantir uma recuperação completa da TMP para todos os indivíduos expostos a – 24 °C por 80 minutos. Resultados que vão ao encontro dos tempos de recuperação propostos pela NR 29 (Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho 2003).

Nariz, pés e mãos foram considerados nos estudos selecionados como os locais onde a temperatura da pele mais decresceu (Kluth et al., 2011 ; Kim et al., 2007 ; Gao et al., 2015)

4 OBJETIVOS DE DISSERTAÇÃO

O presente estudo tem como principal objetivo averiguar o comportamento fisiológico de indivíduos expostos a uma temperatura de -20°C em ambiente controlado com equipamento de proteção individual, desempenhando atividade física ligeira

Como objetivos específicos foram definidos:

- Investigar a variação da TIC na EFS e quantificar o seu tempo de recuperação.
- Reconhecer e descrever a evolução da TP na EFS.
- Verificar a sensação térmica dos voluntários quando expostos frio severo.
- Comprovar a influência do frio severo na variação da FC e na PA.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Metodologia

Os ensaios do presente estudo decorreram no Laboratório de Prevenção de Riscos Profissionais e Ambientais (PROA) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade do Porto com o número de aprovação: 06 / CEUP / 2015.

Foram realizados exames médicos no Hospital São João, no Porto, a todos os participantes, de forma a selecionar voluntários saudáveis, que não apresentassem qualquer contraindicação médica para a experiência, particularmente em relação às cardiopatias, doenças vasculares, respiratórias, doenças gastrointestinais (em especial a desordem diverticular), intolerância ao frio, urticária ao frio, outras formas de urticária ou angioedema, alterações musculoesqueléticas e alergias, bem como apurar o histórico de doenças e medicamentos. Sempre que necessário exames médicos adicionais foram realizados.

Uma declaração de consentimento escrita para participar no ensaio foi lida e assinada por todos os voluntários antes do início da experiência. A temperatura do ar, no exterior da câmara climática foi de 18,0 ° C (condições de conforto) e de -20,0 ° C. dentro desta. A duração do estudo foi de 3 horas com 30 minutos de medição antes da exposição frio severo para atividade sentada, 60 minutos de exposição frio severo para atividades de protocolo e 90 minutos após a exposição frio severo para atividade novamente sentada como ilustrado na tabela 7.

Tabela 7 – Fases do ensaio e variáveis registadas

	Antes da exposição (±18°C)	Durante a exposição (± -20°C)				Depois da exposição (± -20°C)				
Tempo (min)	30	60				90				
		Fase 1	Fase 2	Fase 3						
Atividade	Sentado	Exercício				Sentado				
QST	20	0	20	40	60	5	20	40	60	90
P.A e F.C	20	Não registado				5	15	30	60	90
TIC	contínuo									
TP	contínuo									

5.2 Participantes

Foram selecionados 10 voluntários do sexo masculino, não aclimatizados (média \pm dp): idade de 23.7 ± 1.95 anos, estatura média de 178 ± 4.39 cm, peso médio de $77,7 \pm 6.3$ kg, índice de massa corporal (IMC) médio de $24,6 \pm 2,6$ kg / m. Com exceção do voluntário V4 todos eram não fumadores. A tabela 8 contém os dados e características individuais dos voluntários do ensaio.

Tabela 8 – Características dos voluntários do ensaio

Voluntário	Idade (Anos)	Altura (cm)	Peso (Kg)	IMC (kg/m ²)	Mão preferencial	Fumador	Horário dormido	Horas dormidas	Frequência de desporto (Dias/Semana)	Hora da última refeição	Última refeição antes do ensaio
V1	23	181	73,1	22,34	Direita	Não	00:00-07:00	7.00	3	7:10	Leite com cereais e bolachas
V2	28	168	87,1	30,86	Direita	Não	23:40-07:50	8.10	0	23:00	Salada com frango
V3	25	174	69,3	22,89	Direita	Não	00:00-07:30	7.30	1	8:00	Leite com cereais
V4	23	180	79,5	24,54	Direita	Sim	00:30-07:30	7.00	3	8:00	Tosta Mista e Leite
V5	23	176	77,45	25,00	Direita	Não	23:30-07:15	7.45	2	7:55	Panqueca de Aveia
V6	26	177	75,45	24,22	Direita	Não	00:30-07:20	6.50	0	7:30	Leite com cereais e banana
V7	21	185	77,8	22,73	Esquerda	Não	01:30-07:00	5.30	5	7:15	Iogurte, cereais e banana
V8	23	181	89,5	27,23	Direita	Não	00:00-07:00	7.00	3	7:30	Leite com cereais
V9	23	178	75,3	23,90	Direita	Não	00:10-07:40	7.30	3	8:00	Leite com cereais
V10	22	179	72,5	22,75	Direita	Não	00:00-07:30	7.30	2	8:00	Leite com cereais
Média	23.7	178	77.7	24.6	Não Aplicável			7.00		Não Aplicável	
Min	21	168	69.3	22.34				5.30			
Max	28	185	89.5	30.86				8.10			
D.p	1.95	0.05	6.3	2.6				0.73			

5.3 Equipamentos e Questionário:

Para a elaboração da experiência foram utilizados diversos equipamentos.

5.3.1 Câmara Climática

Os ensaios foram conduzidos na câmara climática Fitoclima 25000EC20 com a capacidade de simular a exposição a diferentes condições de ambiente térmico, com uma gama de temperaturas do ar de -20°C a $+50^{\circ}\text{C}$ e humidade relativa de 30% a 98% e equipada com sensores de CO_2 e O_2 (Aralab 2010). O layout está ilustrado na figura 2.

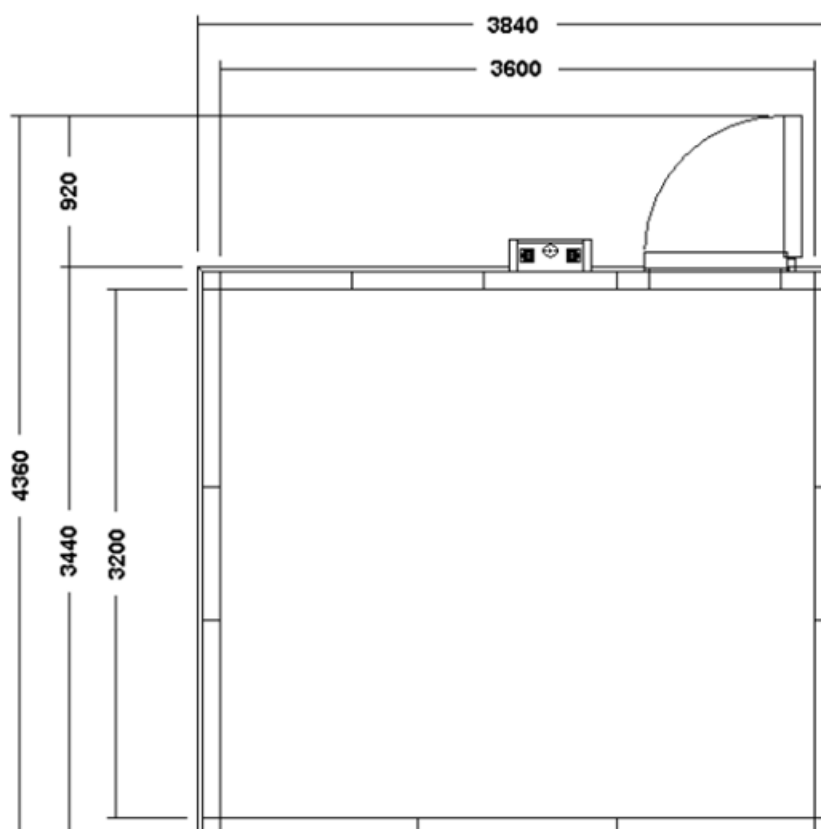


Figura 2 - Layout da câmara climática

5.3.2 Sensores da temperatura da pele:

A TP foi medida com sensores Bioplux. Os sensores foram colocados de acordo com a ISO 9886: 2004 (ISO 9886 2004) em 8 pontos de medição ilustrados na figura 3: Testa, braço direito na zona superior do bícep, escápula direita, peitoral superior esquerdo, braço esquerdo na zona inferior do bícep, mão esquerda, coxa direita anterior e gêmeo esquerdo.

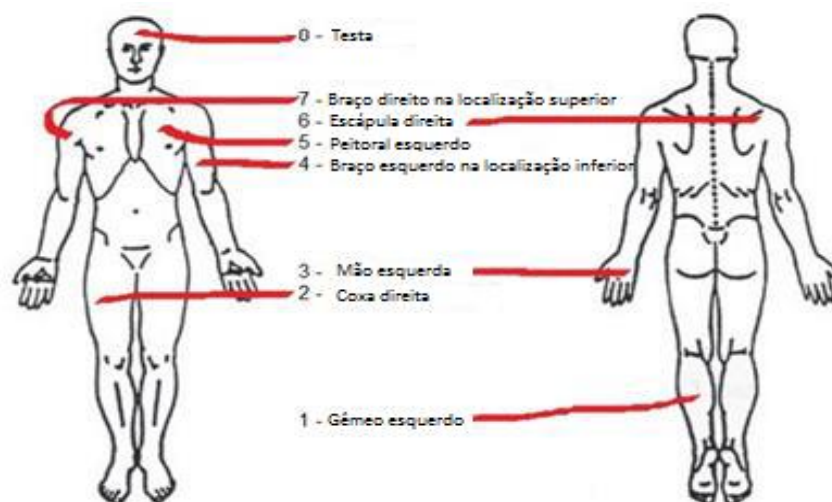


Figura 3 - Localização dos sensores da TP

5.3.3 Temperatura interna corporal

A TIC foi medida através da temperatura intra-abdominal com recurso a um Sensor de Comprimido Ingerível Equivital (cápsula termométrica de telemetria) com dimensões de 8,7 mm de diâmetro e 23 mm de comprimento. O sensor foi ingerido com água, sempre com uma antecedência mínima de 5 horas, normalmente antes do voluntário ir dormir. Viajou ao longo do trato digestivo inofensivamente, sendo eliminada naturalmente dentro de 24 a 72 horas. Os sensores começaram a transmitir um minuto após a ativação da cápsula pelo comando externo, enviando informações a cada 15 segundos para o Life Monitor EQ02 - Módulo Sensor Eletrônico (MSE), que transmite os dados via Bluetooth com uma precisão de $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$ (Respironics; Mini Mitter; VitalSense 2006). O MSE foi transportado num cinto, registando os dados da temperatura interna central, temperatura da pele no peito, frequência cardíaca, frequência respiratória e acelerometria.

A figura 4 e 5 ilustram a cápsula termométrica de telemetria, o cinto e o MSE Equivital

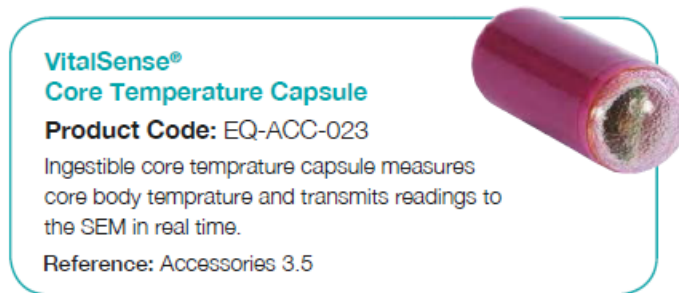


Figura 4 - Cápsula termométrica de telemetria da TIC



Figura 5 - Cinto e o MSE Equivital

5.3.4 Pressão arterial e frequência cardíaca

A PA e a FC foi medida pelo OMRON M10-IT Intellisense Monitor de Pressão Arterial no braço superior esquerdo.

5.3.5 Questionário de sensação térmica:

O questionário de sensação térmica (QST) foi usado em todos os ensaios, foi baseado no Anexo B da ISO 10551: 1995 (ISO 10551 1995) adaptado para a realidade do trabalho e redigido em português conforme o ilustrado na tabela 9.

Tabela 9 – Questionário aplicado aos voluntários

Pergunta	Resposta
1-Neste momento como se sente?	-4 Muito Frio; -3 Frio; -2 Fresco; 0 Neutro; 1 Ligeiramente morno; 2 Morno; 3 Quente; 4 Muito Quente;
2-Como são estas condições de temperatura para si?	-4 Totalmente desconfortáveis; -3 Muito desconfortáveis; -2 Desconfortáveis; -1 Um pouco desconfortáveis; 0 Confortáveis;
3-Neste exato momento, como gostaria de estar?	-3 Muito mais frio; -2 Mais frio; -1 Um pouco mais frio; 0 Neutro/Sem diferença; 1 Um pouco mais quente; 2 Mais quente; 3 Muito mais quente;
4-Aceitaria trabalhar nestas condições climáticas atuais?	Sim; Não
5-Este ambiente na sua opinião é?	-4 Insuportável; -3 Muito difícil de suportar; -2 Difícil de suportar; -1 Ligeiramente difícil de suportar; 0 Totalmente suportável;

6-Sentiu algum dos sintomas abaixo mencionados durante este período?	Sonolência; Enjoo, Vômitos; Tonturas; Calafrios; Ansiedade; Cansaço; Perda da coordenação motora; Nenhum
7-Sentiu dor em alguma parte do corpo? Qual?	A indicar pelo voluntário
8-Sentiu frio em alguma parte particular do corpo? Qual?	A indicar pelo voluntário

O questionário foi respondido no total 10 vezes em cada ensaio: 10 minutos antes da EFS; logo após entrar; aos 20, 40 e 60 minutos de EFS; e 5, 20, 40, 60 e 90 minutos após a saída da câmara climática.

5.3.6 Temperatura e humidade relativa da sala

A medição da temperatura e humidade relativa da sala (condições de conforto) efetuou-se através do Termohigrometro HANNA D0108069, devidamente calibrado.

5.3.7 Vestuário de proteção

Os voluntários estavam equipados com vestuário de proteção contra o frio constituído por casaco com capuz (2.23 clo), calças (2.07 clo), botas (0.1 clo) e luvas (0.05) baseado na EN 324:2004

Além do referido, usavam ainda cuecas (0.03 clo), meias (0.02 clo), t-shirt (0.09 clo), camisola de manga comprida (0.28 clo) e calças (0.25 clo), cujo isolamento térmico foi calculado com base nos valores da ISO 9920:2007. No total o isolamento térmico do vestuário era de 5.02 clo durante a EFS.

5.3.8 Isolamento térmico requerido e taxa metabólica:

O índice de isolamento térmico do vestuário requerido (IREQ) foi determinado com base na ISO 11079:2007 e pode ser consultado em detalhe no anexo II. A avaliação do metabolismo na EFS fez-se com base na ISO 8996:2004. Para a taxa metabólica média do protocolo (100W/m^2) o IREQ obtido foi de 4.1 a 4.5 clo. Na atividade de maior metabolismo (130W/m^2) o IREQ determinado foi de 3.0 a 3.4.

5.4 Protocolo

5.4.1 Reunião inicial

Uma semana antes da realização do ensaio, a equipa de investigação encontrou-se com os sujeitos para explicar o procedimento a desenvolver, o propósito do estudo, os seus possíveis riscos, os equipamentos utilizados e esclarecer possíveis dúvidas da experiência. Foi agendado o controlo médico e recolheu-se a informação geral do estilo de vida.

O sujeito foi informado sobre as restrições alimentares para as 12 horas antes do ensaio, nomeadamente na proibição do consumo bebidas alcoólicas, comida picante, café, chá ou qualquer tipo de medicação que possa influenciar os resultados do ensaio. Após o parecer favorável do controlo médico, foi lido e assinado por cada voluntário um termo de responsabilidade e de consentimento.

Na véspera do ensaio experimental, a equipa de investigação reuniu-se com cada voluntário para entregar a cápsula de medição da TIC, esclarecendo o seu modo de ingestão, e confirmando todos os dados relevantes. Todos os equipamentos foram testados e a câmara climática foi ajustada para a temperatura e humidade relativa desejada.

5.4.1 Organização da câmara climática

A organização da câmara climática está representada na figura 6. Nela existia quatro pontos principais: A) a mesa na qual cada sessão começava e terminava, com três caixas de papel A4 padrão (cada uma pesando 5 kg); uma caixa com 12 papéis amassados; e dois pares de garrafas plásticas com bolas de vidro dentro delas (cada par pesando 0,8 kg); B) um armário com três prateleiras em diferentes níveis (prateleira 1 - 10 cm, prateleira 3 - 80 e prateleira 5 - 150 cm do solo); C) um armário com duas prateleiras em diferentes níveis (prateleira 2 - 45 e prateleira 4 - 115 cm); e D) parede lateral da câmara climática com dois papéis: um com o protocolo experimental para lembrar os voluntários acerca das tarefas que se seguem; e o questionário de sensação térmica na qual a resposta era dada pelos voluntários aos investigadores através de um painel contendo os números de -4 a +4.

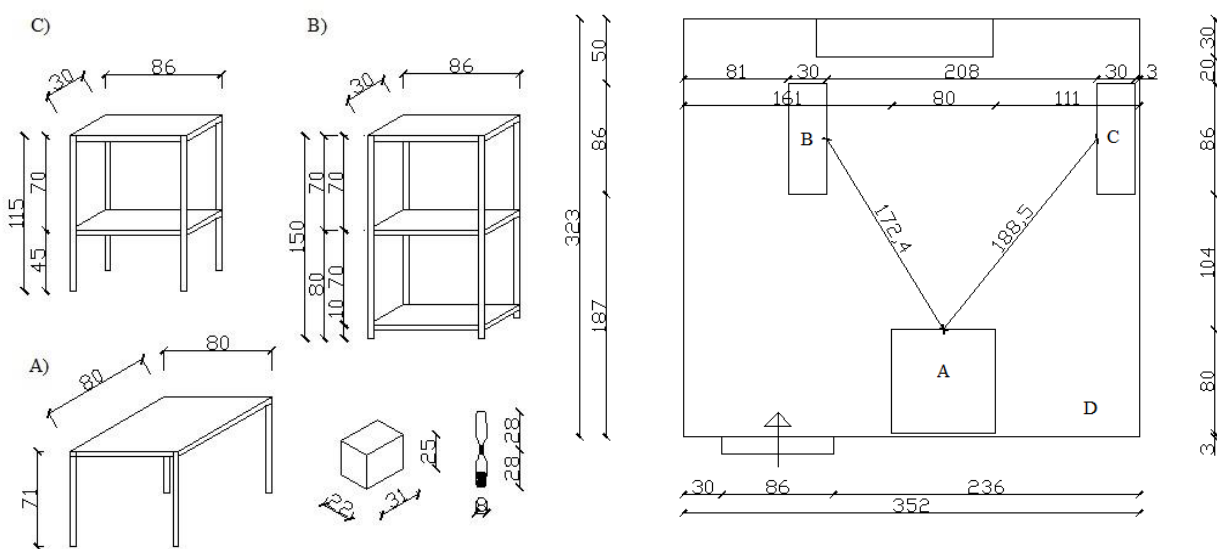


Figura 6 - Organização do material no interior da câmara climática

5.4.2 Antes de entrar na câmara climática:

Os ensaios foram abortados se: o sujeito sentiu algum sintoma, como tontura, náusea e mal-estar geral; a TIC, medida pelos sensores foi inferior a 36°C (ISO 9886 2004); a TP local (em particular para as extremidades: face e dedos) chegou a 15°C (ISO 9886 2004).

No dia do ensaio, a equipa de investigação verificou a temperatura do ar e a humidade relativa no interior da câmara climática bem como na sala (zona de conforto). Em seguida, os computadores foram ligados, os programas abertos, os equipamentos, questionários e documentos verificados uma vez mais. Os voluntários foram recebidos e a pílula da temperatura corporal verificada para garantir o seu funcionamento dentro do sujeito.

Posteriormente, a altura e o peso foram registados, estando os voluntários nesta fase só de cuecas.

Na colocação dos sensores da TP, todos os pontos alvo do corpo do voluntário foram limpos com álcool. Após esta etapa, o cinto da temperatura corporal central-Equivital, foi colocado. Com os equipamentos de medição prontos, o voluntário vestiu as meias, calças, t-shirt e a camisola. Os fios dos sensores da TP foram confortavelmente armazenados numa mala para facilitar a sua movimentação.

Os equipamentos de medição de temperatura foram então ligados, registando um tempo mínimo de 30 minutos antes da entrada na câmara climática. Depois sentaram-se e preencheram o questionário geral de estilo de vida e o protocolo experimental foi explicado. Dez minutos antes de entrar na câmara climática, PA foi medida por 3 vezes consecutivas com uma pausa entre medições de 15 segundos. O valor médio da PAS e PAD e a FC foi registada, também o QST foi respondido.

Cinco minutos antes de entrar na câmara climática vestiram por cima das roupas já mencionadas as calças, o casaco com capuz, as botas e luvas de proteção, deixando apenas parte da face (olhos, bochechas e nariz) exposta ao ar, entrando finalmente na câmara climática.

5.4.3 Na câmara climática:

Durante a exposição a -20°C, o protocolo experimental de 20 minutos, descrito na tabela 10 foi repetido por 3 vezes consecutivas, exceto pela última vez, em que o protocolo foi finalizado com o QST.

O tempo do protocolo foi regulado através de um cronómetro e quando necessário, o investigador deu indicações aos voluntários para acelerar ou retardar as atividades para que cada uma das fases do protocolo experimental fosse conduzida em 20 minutos e com uma cadência de trabalho similar.

Tabela 10 – Protocolo experimental durante EFS

Atividade a desempenhar	Tempo de execução
1-Questionário de sensibilidade térmica 2-Caminhe e aqueça as mãos (1min)	4 minutos

3-Coloque quatro papéis em cada caixa (um por um) 4- Feche as caixas 5- Coloque as caixas uma a uma na posição 1 6- Descanso 1 min (aquecer as mãos)	
7-Coloque as caixas da posição 1 à posição 2 (uma a uma) <ul style="list-style-type: none"> • Descansar 5 segundos (aquecer as mãos) 8- Coloque as caixas da posição 2 à posição 3 (uma a uma) <ul style="list-style-type: none"> • Descansar 5 segundos (aquecer as mãos) 9-Coloque as caixas da posição 3 à posição 4 (uma a uma) <ul style="list-style-type: none"> • Descansar 5 segundos (aquecer as mãos) 10-Coloque as caixas da posição 4 à posição 5 (uma por uma)	4 minutos
11-Descanso 1 min (aquecer as mãos) 12-Faça o jogo com bolas de vidro 10x 13-Descanso 1 min (aquecer as mãos)	5 minutos
14-Coloque as caixas da posição 5 à posição 4 (uma a uma) <ul style="list-style-type: none"> • Descansar 5 segundos (aquecer as mãos) 15-Coloque as caixas da posição 4 à posição 3 (uma por uma) <ul style="list-style-type: none"> • Descansar 5 segundos (aquecer as mãos) 16-Coloque as caixas da posição 3 à posição 2 (uma a uma) <ul style="list-style-type: none"> • Descansar 5 segundos (aquecer as mãos) 17-Coloque as caixas da posição 2 à posição 1 (uma a uma)	4 minutos
18- Descanso 1 min (aquecer as mãos) 19- Coloque as caixas uma a uma na mesa 20-Abrir as caixas 21-Coloque quatro papéis de cada caixa para o ponto de partida (um por um) 22-Caminhe e aqueça as mãos (1min)	3 minutos

5.4.1 Após EFS

Após os 60 minutos de EFS, os voluntários saíram da câmara climática e ficaram 90 minutos expostos a temperatura de conforto (18°C). Nesta fase, retiraram o vestuário de proteção contra o frio (casaco, calças, botas e luvas) sentando-se numa cadeira, onde 5 minutos após a saída da câmara, a PA fora registada bem como o QST respondido. A PA nesta fase foi registada aos 5, 15, 30, 60 e 90 minutos após a saída da EFS, enquanto que, o QST foi respondido aos 5, 20, 40, 60 e 90 minutos. Durante este período, os voluntários não tiveram permissão para beber, comer, ir á casa de banho ou caminhar. Após 90 minutos da saída da câmara, os dados foram guardados, os equipamentos desligados e os voluntários pesados, nas mesmas condições da primeira pesagem.

5.5 Tratamento de dados

Os dados foram extraídos diretamente dos equipamentos e tratados com recurso ao Excel. Para a criação de gráficos, os dados obtidos foram processados por um algoritmo desenvolvido usando Pandas, uma biblioteca do Python 3.6 para análise de dados e estatística.

Em geral, o algoritmo anotado usa os dados monitorados (de um arquivo do Excel) e usa gravações como parâmetros de entrada. Inicialmente, ele uniformiza os valores recebidos para uma frequência de minutos e exporta-os para um novo arquivo do Excel com o nome de "Resultados". Seguidamente, apresenta informações analíticas gráficas em formato png: um exibindo valores de TIC e da pele, a temperatura da pele da mão esquerda e testa e exibindo linhas tracejadas verticais

cinza para indicar os três estágios o protocolo experimental. Da mesma forma, é gerado um gráfico para evidenciar a TIC e TP com os valores da PA e FC.

PARTE 2

6 RESULTADOS

Os resultados obtidos encontram-se descritos por voluntário, contudo, de forma a ilustrar o comportamento do geral do conjunto serão também apresentados os valores médios em relação TIC, TP, PA, FC e do QST.

6.1 Geral

6.1.1 Pressão Arterial e frequência cardíaca

Os valores registados da PA e da FC são expostos na tabela 11. Nos 3 primeiros ensaios (V1, V2 e V3) apenas se registaram por 2 vezes a PA e respetiva FC, enquanto nos restantes 7 foram monitorizados por 6 vezes.

Tabela 11 – Resultados da PAS, PAD e FC antes e após a EFS

Tempo (min)	10 antes da EFS			5 Após EFS			15 Após EFS			30 Após EFS			60 Após EFS			90 Após EFS		
	mmHg		bpm	mmHg		bpm	mmHg		bpm	mmHg		bpm	mmHg		bpm	mmHg		bpm
	PAS	PAD	FC	PAS	PAD	FC	PAS	PAD	FC	PAS	PAD	FC	PAS	PAD	FC	PAS	PAD	FC
Média	116.9	77.0	67.4	121.4	72.0	73.8	121.4	75.7	74.9	121.4	75.7	71.9	115.7	76.0	72.1	116.4	76.6	69.1
Min	103.0	63.0	58.0	104.0	66.0	59.0	112.0	69.0	60.0	115.0	73.0	54.0	106.0	71.0	59.0	107.0	69.0	54.0
Max	131.0	91.0	86.0	146.0	87.0	106.0	134.0	85.0	103.0	130.0	79.0	94.0	126.0	80.0	94.0	128.0	86.0	91.0
D.p	9.3	7.8	8.8	12.5	6.2	13.5	8.7	5.3	15.8	6.0	2.1	13.2	7.5	3.2	12.1	8.3	7.1	12.0

De uma forma geral, os voluntários apresentaram valores de PAS superiores após a EFS, exceções feitas aos V1, V6 e V9 que diminuíram e ao V3 e V10 que mantiveram a mesma. De modo inverso, a PAD apresentou valores médios inferiores após a saída da câmara climática, sendo os V1, V3 e V10 os únicos a contrariar esta situação. Na FC, a descida dos valores após a EFS foi exclusiva do V6, tendo os restantes assinalado aumentos.

6.1.2 Temperatura interna corporal

A TIC foi registada em todos os voluntários á exceção do V1 e V3 devido a complicações com o equipamento. O V9 não apresenta informações dos últimos 50 minutos da experiência. O V2 não cumpriu a totalidade do ensaio, não existindo por isso dados dos últimos 30 minutos. Na tabela 12 é aprestando os valores médios obtidos pelo grupo ao longo do ensaio.

Em média, a TIC diminui na entrada para a câmara climática, contudo durante a EFS ocorreu um aumento, registando-se em praticamente todos os voluntários (Exceção do V9) valores superiores de TIC na saída da EFS quando em analogia com os obtidos 10 minutos antes da exposição. Em média, 20 minutos foram suficientes para recuperação da TIC. Após 90 minutos da saída da câmara

climática apenas os V5 e V10 não igualaram ou diminuíram a sua TIC face a registada na pré-exposição.

Tabela 12 – Valores da TIC ao longo do ensaio

Tempo (min)	10 Antes EFS	0 EFS	20 EFS	40 EFS	60 EFS	5 após EFS	20 após EFS	40 após EFS	60 após EFS	90 após EFS
Média (°C)	37,26	37,22	37,28	37,49	37,57	37,52	37,28	37,21	37,15	37,12
Min (°C)	36,95	36,96	36,87	37,07	37,15	37,14	36,85	36,88	36,80	36,76
Max (°C)	37,53	37,36	37,59	37,72	37,83	37,83	37,63	37,48	37,56	37,57
D.p (°C)	0,16	0,15	0,24	0,19	0,21	0,20	0,23	0,24	0,26	0,27

6.1.3 Temperatura da pele

Apesar do uso de 8 sensores para o registo da TP, apenas foram considerados para resultados os valores da temperatura da mão (TM) e temperatura da testa (TT) sendo os restantes ponderados para o calculo da TMP, como é demonstrado na tabela 13.

Devido a falhas no sistema de sensores, não foram recolhidos dados do V2, V5 e V10. Do V3 e V9 apenas resultam dados até 40 minutos após EFS.

Tabela 13 – Evolução da Tmp, Tm, Tt ao longo do ensaio

Tempo (min)	10 Antes EFS			0 EFS			20 EFS			40 EFS			60 EFS		
	Tmp	Tm	Tt	Tmp	Tm	Tt	Tmp	Tm	Tt	Tmp	Tm	Tt	Tmp	Tm	Tt
Média (°C)	31,94	29,31	34,52	32,44	29,68	34,52	31,09	27,51	33,04	30,99	28,45	32,47	31,64	29,53	32,05
Min (°C)	30,06	22,62	33,61	30,8	22,9	33,42	29,96	23,93	30,19	28,17	24,57	26,34	29,71	25,8	21,53
Max (°C)	33,24	32,74	35,2	33,78	33,66	35,36	32,25	30,58	34,85	32,3	31,46	34,49	33,22	32,34	35,19
D.p (°C)	0,945	3,231	0,499	0,908	3,207	0,685	0,851	2,095	1,709	1,284	2,766	2,769	1,232	2,337	4,392
Tempo (min)	5 após EFS			20 após EFS			40 após EFS			60 após EFS			90 após EFS		
	Tmp	Tm	Tt	Tmp	Tm	Tt	Tmp	Tm	Tt	Tmp	Tm	Tt	Tmp	Tm	Tt
Média (°C)	32,76	30,59	34,21	33,31	32,43	34,57	33,34	30,82	34,00	33,40	31,71	33,97	33,37	31,26	33,90
Min (°C)	31,59	27,52	33,33	32,07	29,09	33,98	32,09	23,21	31,29	32,29	30,34	32,52	32,21	28,44	33,01
Max (°C)	33,52	33,23	35,48	34,38	34,49	35,67	34,44	33,79	35,58	34,29	32,4	34,83	34,32	34,1	34,75
D.p (°C)	0,686	1,608	0,717	0,814	1,612	0,592	0,816	3,359	1,259	0,655	0,747	0,800	0,705	1,898	0,634

Na generalidade a TMP aumentou até ao início do trabalho no frio, com o prolongar da exposição os valores vão descendo, sendo que ao fim de 40 minutos de EFS atinge-se a TMP mais baixa do ensaio 30.99°C. Cinco minutos após a saída da câmara climática os valores da TMP são de 32.76°C, aumentando ligeiramente ao longo do restante período de recuperação.

A TM apresentou uma diminuição nos 20 minutos iniciais de EFS, revelando um aumento constante no restante tempo de EFS. Após 5 minutos do término da EFS, o valor da TM é de 30.59°C, superior ao registado na entrada da câmara.

Na região da testa, a variação da temperatura foi gradual, diminuiu após a entrada na câmara climática e aumentou de forma estável na saída da EFS. O V8 apresentou a TT menor com 21.62°C ao fim de 60 EFS diferença superior a 10°C face aos valores de entrada.

6.1.4 Questionário de sensação térmica

Na tabela 14 pode ser observado as respostas do QST. O V2 não cumpriu a totalidade do ensaio, não existindo por isso dados dos últimos 30 minutos da experiência.

Em todos os voluntários verificou-se a alteração do estado de conforto assim que se iniciou a EFS. Porém, apenas o V1 no início dos trabalhos da camara climática apresentou a vontade de não trabalhar habitualmente naquelas condições de temperatura. Após 20 minutos de EFS os V4, V5, V6, V8, V9 e V10 sentiram a extremidades frias.

Ao fim de 60 minutos de EFS, a sensação particular de frio nas extremidades manteve-se. Após uma hora da saída da câmara climática a sensação particular de frio das extremidades desapareceu em todos os voluntários.

Tabela 14 – Resultados do QST do grupo ao longo do ensaio

Tempo (min)	10 antes EFS								0 EFS								20 EFS								40 EFS							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Média	0.7	0	0	-	0.3	-	-	-	-1.2	-0.9	0.8	-	-0.9	-	-	-	-1.2	-1.1	1.3	-	-1	-	-	-	-0.7	-1	0.8	-	-0.7	-	-	-
Min	-1	0	0	-	0	-	-	-	-2	-1	-1	-	-2	-	-	-	-2	-2	-1	-	-2	-	-	-	-3	-2	-1	-	-2	-	-	-
Max	2	0	0	-	1	-	-	-	0	0	2	-	0	-	-	-	0	0	2	-	0	-	-	-	2	0	2	-	0	-	-	-
D.p	0.90	0	0.46	-	0.40	-	-	-	0.75	0.30	1.10	-	0.70	-	-	-	0.6	0.54	0.64	-	0.45	-	-	-	1.42	0.78	0.98	-	0.64	-	-	-
Tempo (min)	60 EFS								5 Após EFS								20 após EFS								40 após EFS							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Média	-0.7	-1.2	0.5	-	-0.6	-	-	-	0.6	-0.1	-0.1	-	0	-	-	-	0.5	0	0	-	0	-	-	-	0.5	0	0	-	0	-	-	-
Min	-2	-2	-1	-	-2	-	-	-	-1	-1	0	-	0	-	-	-	0	0	0	-	0	-	-	-	0	0	0	-	0	-	-	-
Max	1	0	2	-	0	-	-	-	3	0	1	-	0	-	-	-	2	0	0	-	0	-	-	-	2	0	0	-	0	-	-	-
D.p	0.9	0.75	0.92	-	0.66	-	-	-	1.11	0.3	0.3	-	0	-	-	-	0.81	0	0	-	0	-	-	-	0.81	0	0	-	0	-	-	-
Tempo (min)	20 após EFS								60 após EFS																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8																
Média	0.3	0	0	-	0	-	-	-	0.4	0	0.1	-	0	-	-	-																
Min	0	0	0	-	0	-	-	-	0	0	0	-	0	-	-	-																
Max	2	0	0	-	0	-	-	-	2	0	1	-	0	-	-	-																
D.p	0.64	0	0	-	0	-	-	-	0.8	0	0.3	-	0	-	-	-																

6.2 Voluntário 1

6.2.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

A tabela 15 revela os valores registados em 2 momentos da PA e FC do V1.

Tabela 15 – Resultados da PA e FC do V1 antes e após EFS

Tempo (min)	Variável		
	mmHg		bpm
	PAS	PAD	FC
10 Antes EFS	103	70	71
5 Após EFS	101	71	74
15 Após EFS	Não Registado		
30 Após EFS			
60 Após EFS			
90 Após EFS			

O VI apresentou uma diminuição o PAS. A PAD e a FC verificou o comportamento inverso aumentando.

6.2.2 Temperatura da pele

Na figura 7 é apresentada a variação da TMP, PA e FC ao longo do ensaio, enquanto na figura 8 é ilustrada a variação da TMP, TM e TT.

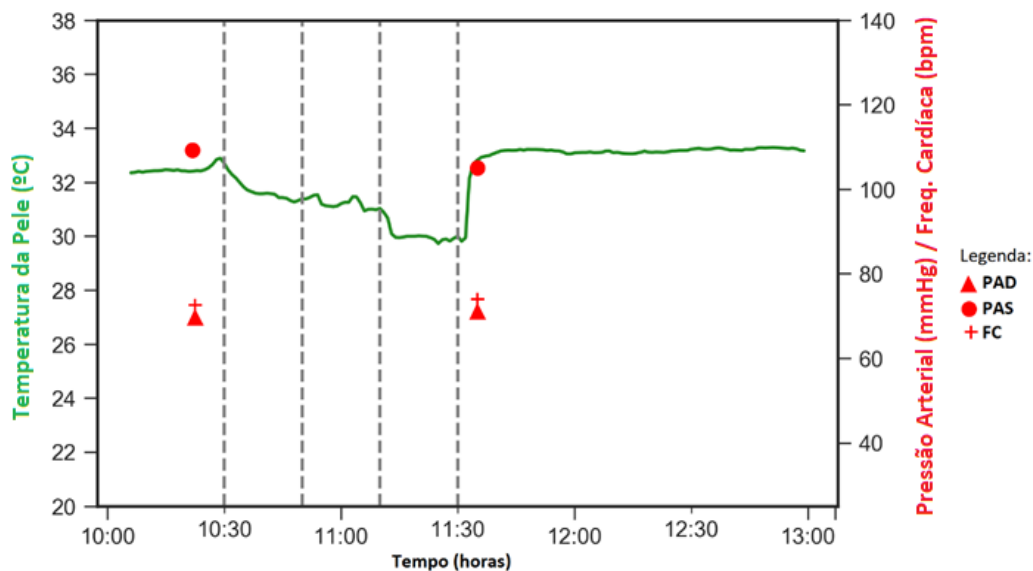


Figura 7 – Evolução da TMP, PA e FC do V1

A TMP, TM, e TT do voluntário antes 10 minutos da entrada da câmara climática foram de 32,42°C, 27,9°C e 34,89°C respetivamente.

No momento em que entra na câmara, a TMP fixou-se nos 32.70°C a TM nos 28.66 °C e a TT nos 35.15 °C. A TMP diminui ao longo da EFS, com ligeiras oscilações. Nos primeiros 20 minutos de EFS caiu para os 31.38°C sendo o valor mínimo atingido ao fim de 56 minutos com 29.73°C. Após 5 minutos da saída da câmara climática, ocorreu um aumento para os 32.81°C, mantendo-se estável até ao final da experiência.

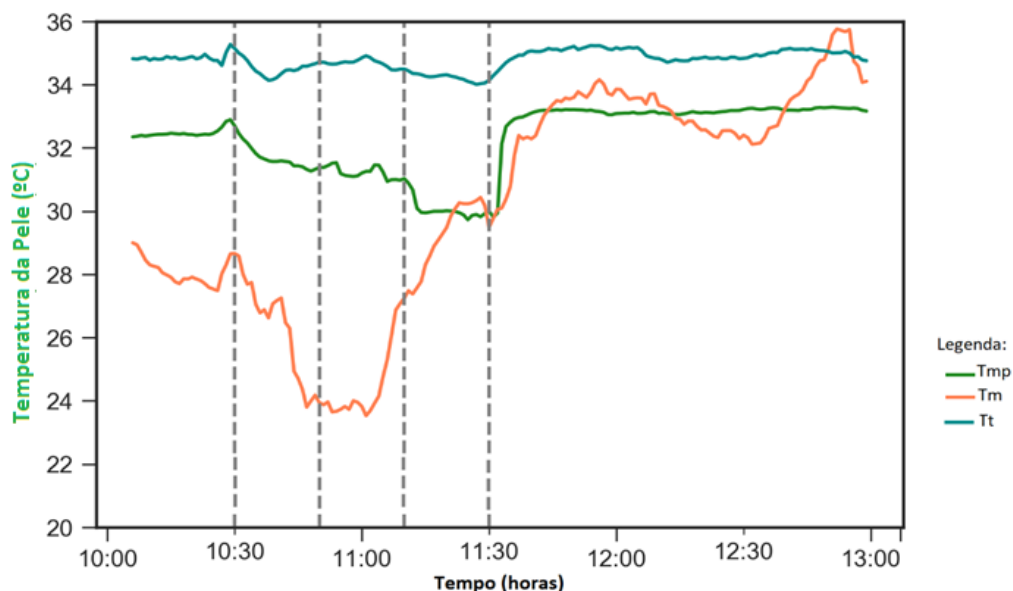


Figura 8 – Evolução da TMP, TM e TT do V1

A TM apresentou uma descida considerável nos primeiros 18 minutos de EFS, sendo o valor mínimo atingido 31 minutos após a entrada com 23.53°C. Neste momento ocorreu um aumento acentuado com 29.49°C no término da EFS. Já nas condições de conforto pós exposição, observou-se um aumento súbito da TM nos últimos 30 minutos do ensaio atingido os 35.76°C.

A TT desceu de forma constante nos primeiros 10 minutos de EFS. Após este decréscimo, verificou-se um aumento até aos 34.91°C passados então 29 minutos de EFS. Segue-se uma diminuição gradual da TT até ao final da EFS, sendo que o valor mínimo registado foi de 34.01°C aos 57 minutos de exposição. Cinco minutos após a saída da câmara, a TT foi de 34.79°C próxima da pré-exposição.

6.2.3 Questionário de sensação térmica

A tabela 16 apresenta as respostas do V1 ao QST ao longo do ensaio.

No momento antes da entrada, o voluntário sentiu-se ligeiramente morno, contudo confortável, não apresentando qualquer sintoma ou frio particular. Na entrada na câmara, a sensação térmica passou para fresca, assumido o desejo de estar mais quente e de não trabalhar habitualmente nas condições de -20°C. Surgiu no voluntário a sensação de frio e dor nos dedos. Aos 20 e 40 minutos

de EFS, a percepção do frio evolui para ligeira mantendo todas as condições referidas no momento da entrada, exceção à sensação de frio e dor nos dedos, que desaparece. No final da EFS, o sujeito considerou desconfortáveis as condições da temperatura e apresentou sonolência. Quarenta minutos pós exposição, os resultados iniciais são repostos.

Tabela 16 – Resultados do QST do V1 ao longo do ensaio

Tempo (min)	Questões Respostas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10 Antes EFS	1	0	0	Sim	0	Nao	Não	Não
0" EFS	-2	-1	2	Não	-1	Nao	Dedos	Dedos
20" EFS	-1	-1	2	Não	-1	Nao	Nao	Nao
40" EFS	-1	-1	2	Não	-1	Não	Não	Não
60 "EFS	-1	-2	-1	Não	-1	Sono	Não	Nao
5" Após EFS	2	0	0	Sim	0	Sono	Não	Não
20" Após EFS	1	0	0	Sim	0	Sono	Não	Não
40" Após EFS	1	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
60" Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
90" Após EFS	0	0	0	Sim	0	Sono	Não	Não

6.3 Voluntário 2

6.3.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

A tabela 17 expõem os valores registados em 2 momentos da PA e FC do V2.

Ocorreu um aumento da PAS e da FC. A PAD verificou o comportamento inverso diminuindo.

Tabela 17 – Resultados da PA e FC do V2 antes e após EFS

Tempo (min)	Variável		
	mmHg		bpm
	PAS	PAD	FC
10 Antes EFS	115	122	66
5 Após EFS	76	74	68
15 Após EFS	Não Registrado		
30 Após EFS			
60 Após EFS			
90 Após EFS			

6.3.2 Temperatura interna corporal

Na figura 9 encontra-se ilustrada a evolução da TIC, PA e FC ao longo do ensaio.

A TIC registada nos 10 minutos precedentes à entrada na câmara climática foi de 37.29°C. No momento da entrada ocorreu uma ligeira oscilação, seguindo-se uma subida constante ao longo da EFS para valores máximos de 37.85°C ao minuto 56. No momento da saída da câmara ocorreu uma descida intensificada da temperatura, sendo que, ao passo de 5 minutos após, a TIC foi de 37.78°C. O valor mínimo obtido para a TIC foi de 37.24°C ao fim de 40 minutos pós exposição, temperatura próxima da assinalada antes da entrada.

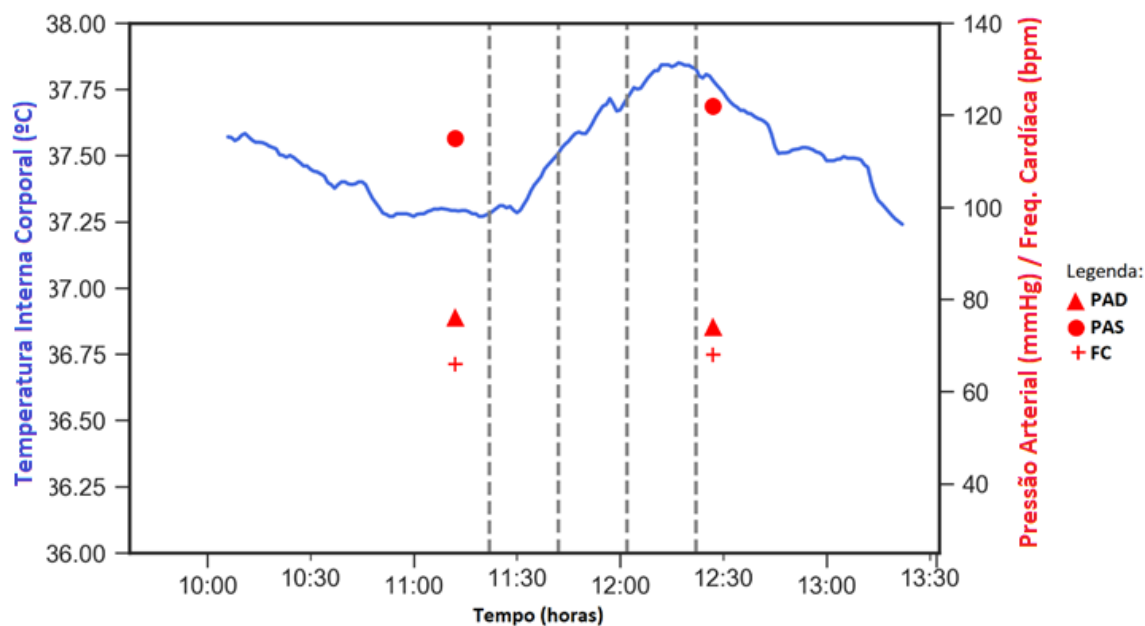


Figura 9 – Evolução da TIC, PA e FC do V2

6.3.3 Questionário de sensação térmica

A tabela 18 apresenta as respostas do V2 ao QST ao longo do ensaio.

Tabela 18 – Resultados do QST do V2 ao longo do ensaio

Tempo (min)	Questões Respostas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10 Antes EFS	0	0	0	Sim	0	Nao	Não	Não
0 EFS	-2	-1	1	Sim	-2	Nao	Nao	Nao
20 EFS	-2	-1	1	Sim	-1	Nao	Nao	Nao
40 EFS	-3	-2	0	Sim	-1	Não	Não	Queixo
60 EFS	-2	-2	1	Sim	-1	Não	Não	Queixo
5 Após EFS	-1	0	0	Sim	0	Não	Não	Dedos
20 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Dedos
40 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Dedos
60 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
90 Após EFS	Não Registrado							

No momento antes da entrada, o voluntário sentiu-se neutro e confortável, não apresentando qualquer sintoma ou frio particular.

Na entrada na câmara, a sensação térmica passou para fresca e existiu o desejo de estar um pouco mais quente, revelando que as condições da temperatura eram difíceis de suportar contudo aceitaria trabalhar habitualmente a -20°C . Aos 40 minutos de EFS o voluntário sentiu frio e considerou as condições um pouco difíceis de suportar, apresentando a região do queixo particularmente fria. No final da EFS o voluntário sentiu-se fresco.

Após 5 minutos do término da EFS, evolui para ligeiramente fresco e os dedos foram a parte do corpo que o voluntário considerou mais fria, situação que se mantém durante os 40 minutos após

a EFS. Ao fim de 60 minutos da saída da câmara climática, foram recuperadas todas as condições que antecederam a entrada.

6.4 Voluntário 3

6.4.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

A tabela 19 expõem os valores registados em 2 momentos da PA e FC do V3.

A PAS nos dois momentos permaneceu igual, porém verificou-se um aumento da PAD após a EFS bem como da FC.

Tabela 19 – Resultados da PA e FC do V3 antes e após EFS

Tempo (min)	Variável		
	mmHg		bpm
	PAS	PAD	FC
10 Antes EFS	104	63	60
5 Após EFS	104	66	67
15 Após EFS	Não Registrado		
30 Após EFS			
60 Após EFS			
90 Após EFS			

6.4.2 Temperatura da pele

Na figura 10 é apresentado a variação da TMP, PA e FC ao longo do ensaio, enquanto na figura 11 é ilustrada a variação da TMP, TM e TT.

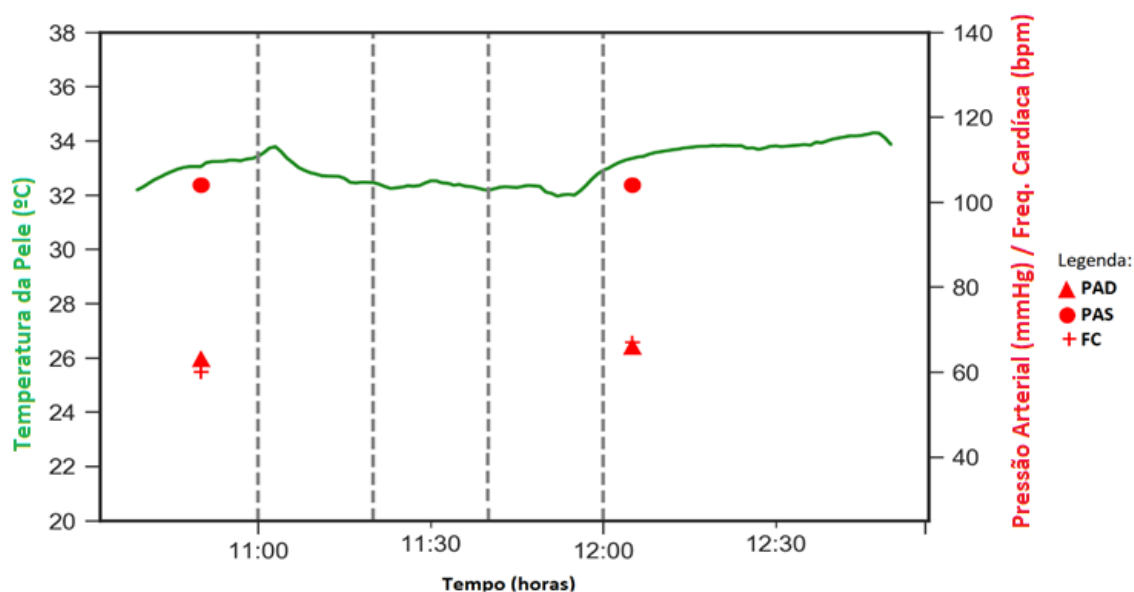


Figura 10 – Evolução da TMP, PA e FC do V3

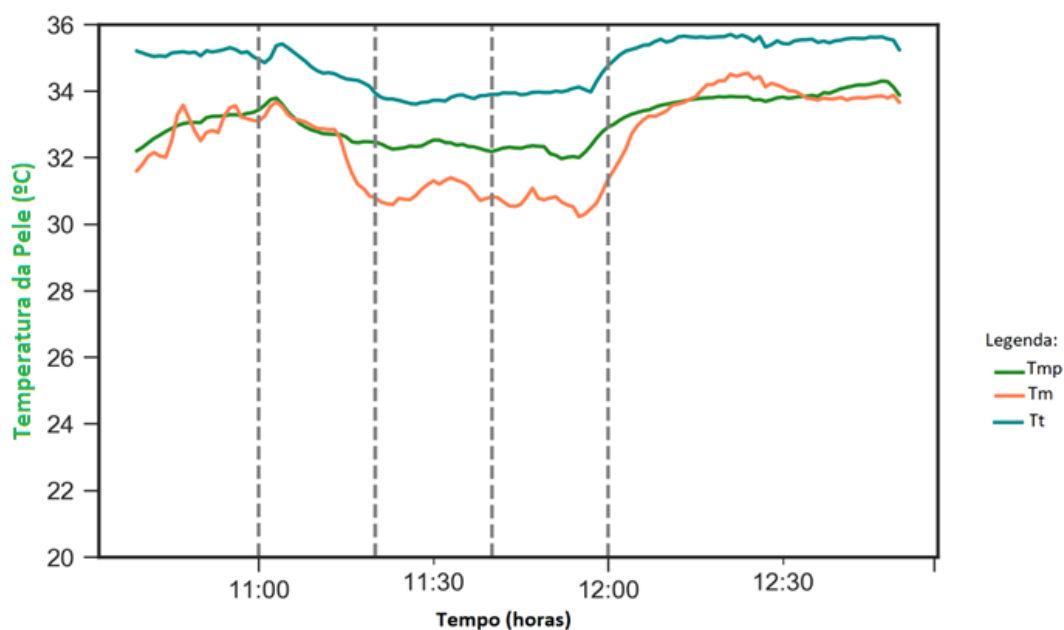


Figura 11 – Evolução da TMP, TM e TT do V3

A TMP, TM, e TT do voluntário, 10 minutos antes da entrada na câmara climática foram de 33.24°C, 32.74°C e 35.20°C respetivamente. No momento em que entra na câmara, a TMP fixaram-se nos 33.78°C a TM nos 33.66 °C e a TT nos 35.36 °C.

A TMP diminui ao longo da EFS, com ligeiras oscilações. Nos primeiros 20 minutos de EFS verificou-se uma descida mais marcada da TMP que cai para os 32.52°C, sendo o valor mínimo atingido ao fim de 50 minutos de EFS com 31.96°C. Nos últimos 10 minutos de EFS ocorreu um aumento da TMP, situação prolongada após a saída da câmara, registando-se o valor de 33.51°C ao cabo de 5 minutos.

A TM apresentou uma descida considerável nos primeiros 21 minutos de ensaio. Após uma subida ligeira, volta a ocorrer um decréscimo intermitente até aos últimos 8 minutos de EFS, onde se regista o valor mínimo de 30.22°C. Verificou-se então um crescimento acentuado da TM, que 5 minutos após EFS é de 33.23°C e aos 26 minutos atinge o valor máximo de 34.56°C.

A TT desceu de forma constante nos primeiros 24 minutos de EFS até ao valor de 33.60°C. Após este decréscimo, dá-se um aumento ligeiro até aos 54 minutos, momento em que se verifica um crescimento acentuado e prolongado nas condições de conforto. A temperatura máxima atingida foi de 35.70°C após 18 minutos do término da EFS, sendo que bastaram 5 minutos para recuperar a TT da pré-exposição.

6.4.3 Questionário de sensação térmica

A tabela 20 apresenta as respostas do V3 ao QST ao longo do ensaio.

Tabela 20 – Resultados do QST do V3 ao longo do ensaio

Tempo (min)	Questões Respostas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10 Antes EFS	2	0	0	Sim	-1	Nao	Não	Não
0 EFS	0	-1	0	Sim	-1	Nao	Nao	Nao
20 EFS	0	0	0	Sim	0	Nao	Nao	Nao
40 EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
60 EFS	0	-1	1	Sim	0	Não	Não	Nariz
5 Após EFS	1	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
20 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Nao
40 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
60 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
90 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não

No momento antes da entrada, o voluntário sentiu-se morno e confortável, não apresentando qualquer sintoma ou frio particular. Na entrada na câmara, a sensação térmica passou para neutra, revelando que as condições da temperatura eram ligeiramente desconfortáveis, porém aceitaria trabalhar habitualmente a -20°C. No final de 60 minutos de EFS, o voluntário revelou sentir-se neutro, com o desejo de estar um pouco mais quente e com o nariz particularmente frio. Cinco minutos após da saída da câmara, sentia-se ligeiramente morno, situação que evolui para neutro com o decorrer do tempo e desapareceu a sensação de frio particular no nariz.

6.5 Voluntário 4

6.5.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

A tabela 21 expõem os valores registados da PA e FC do V4.

A PAS e a FC aumentou após a EFS, enquanto a PAD diminui ligeiramente. Valores da PA próximos dos iniciais são atingidos ao fim de 15 minutos do término da exposição. No entanto a FC teve uma recuperação mais lenta, demorando 60 minutos.

Tabela 21 – Resultados da PA e FC do V4 antes e após EFS

Tempo (min)	Variável		
	mmHg		bpm
	PAS	PAD	FC
10 Antes EFS	115	74	75
5 Após EFS	119	72	82
15 Após EFS	114	74	81
30 Após EFS	115	75	77
60 Após EFS	106	74	74
90 Após EFS	109	69	68

6.5.2 Temperatura interna corporal e temperatura da pele

Na figura 12 é apresentado a variação da TIC, TMP, PA e FC ao longo do ensaio, enquanto na figura 13 é ilustrada a variação da TIC, TMP, TM e TT.

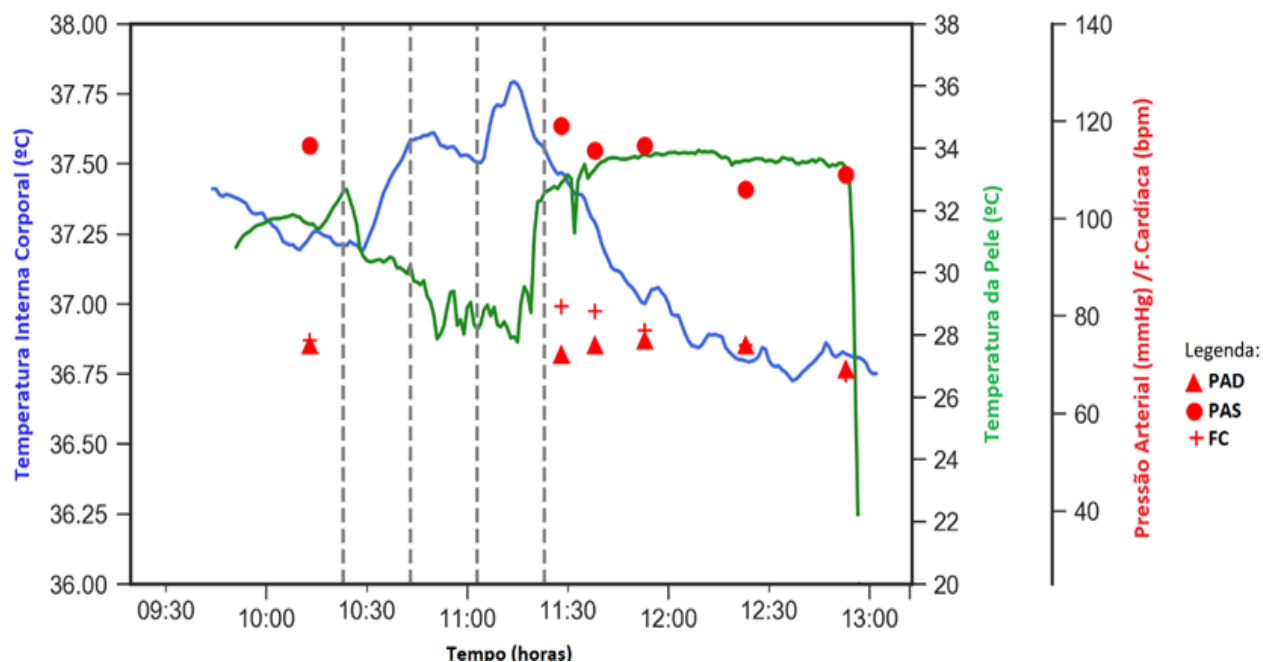


Figura 12 – Evolução da TIC, Tmp, PA e FC do V4

A TIC registada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 37,24°C. Na EFS ocorre uma subida da TIC para valores máximos de 37,79°C ao minuto 52. Nesta fase, verifica-se um decréscimo acentuado da TIC, até à saída da câmara climática (37,56°C) e prolongado nas condições de conforto. A temperatura mínima registada foi de 36,73°C ao fim de 75 minutos do término da EFS.

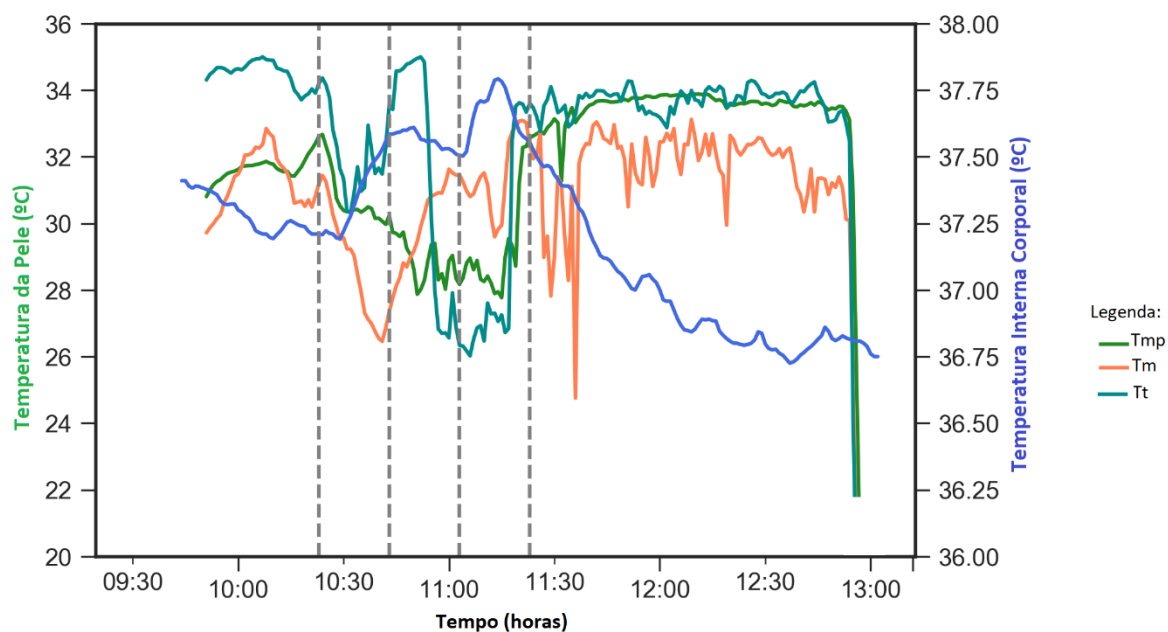


Figura 13 – Evolução da TIC, TMP, TM e TT do V4

A TMP assinalada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 31.55°C. O voluntário iniciou a EFS com 32.61°C verificando-se uma descida constante ao longo de 26 minutos, após algumas oscilações, 27.77°C é a temperatura mínima atingida aos 33 minutos da exposição. Aos 55 minutos de EFS verifica-se uma subida acentuada da temperatura, terminando o voluntário a EFS com 32.56°C. Nas condições de conforto a TMP continuou a subir nunca se registando uma temperatura igual ou inferior á obtida na pré-exposição.

A TM registada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 31.66°C. O voluntário iniciou a EFS com 31.19°C ocorrendo uma descida acentuada nos primeiros 18 minutos de exposição para valor de 26.45°C. No restante período observou-se um aumento, terminando a EFS com 32.34°C. Nos 7 minutos após a saída da câmara climática observou-se oscilações da TM, seguindo-se um aumento no restante período. O valor de pré-exposição é recuperado ao 8º minuto após a exposição.

A TT assinalada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 34.58°C. O voluntário iniciou a EFS com 34.20°C verificando-se uma descida nos 10 minutos iniciais. Segue-se uma subida acentuada até 35°C decorridos 30 minutos EFS. Dá-se então uma queda abrupta da temperatura para 26°C aos 44 minutos, terminando com 33.61°C a EFS. Nas condições de conforto, registou-se um ligeiro aumento, contudo apesar de próximos não igualaram os valores de pré-exposição.

6.5.3 Questionário de sensação térmica

A tabela 22 apresenta as respostas do V4 ao QST ao longo do ensaio.

Tabela 22 – Resultados da PA e FC do V4 antes e após EFS

Tempo (min)	Questões Respostas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10 Antes EFS	0	0	0	Sim	-1	Nao	Não	Não
0 EFS	-1	-1	1	Sim	-2	Nao	Nao	Nao
20 EFS	-1	-1	1	Sim	-1	Nao	Nao	Nariz
40 EFS	1	0	0	Sim	0	Não	Não	Nariz
60 EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Nariz
5 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
20 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Nao
40 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
60 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
90 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não

No momento antes da entrada, o voluntário sentiu-se neutro e confortável, não apresentando qualquer sintoma ou frio particular. No início da EFS, a sensação térmica passou para ligeiramente fresca, revelando que as condições da temperatura eram ligeiramente desconfortáveis, todavia aceitaria trabalhar habitualmente a -20°C. Aos 20 minutos de EFS surgiu a sensação de frio particular no nariz, que se manteve até á saída. Decorridos 5 minutos após EFS, as condições de pré-exposição são atingidas.

6.6 Voluntário 5

6.6.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

A tabela 23 expõem os valores registados da PA e FC do V5.

A PAS e a FC aumentou após a EFS, enquanto a PAD diminui. Valores da PA próximos dos iniciais foram atingidos ao passo de 30 minutos do término da exposição. No entanto, situação semelhante não se verificou com FC.

Tabela 23 – Resultados da PA e FC do V5 antes e após EFS

Tempo (min)	Variável		
	mmHg		bpm
	PAS	PAD	FC
10 Antes EFS	121	75	68
5 Após EFS	146	66	82
15 Após EFS	129	72	84
30 Após EFS	122	73	79
60 Após EFS	126	74	77
90 Após EFS	116	69	75

6.6.2 Temperatura interna corporal

Na figura 14 encontra-se ilustrada a evolução da TIC, PA e FC ao longo do ensaio.

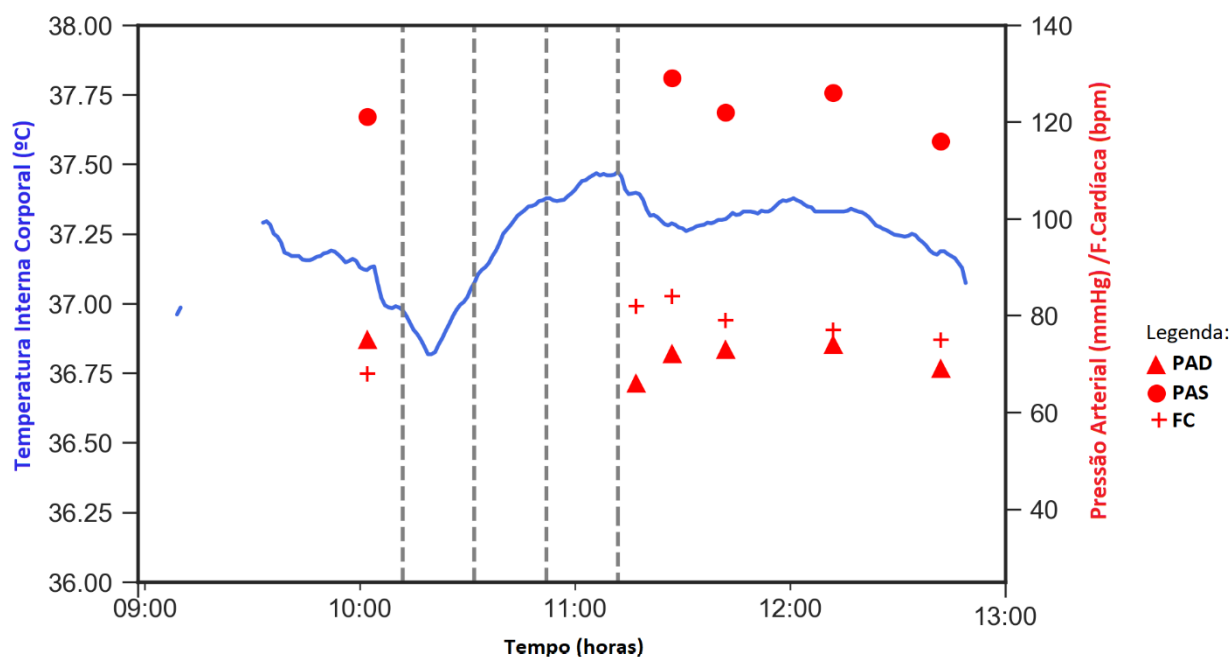


Figura 14 – Evolução da TIC, PA e FC do V5

A TIC registada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 37.12°C. Na EFS ocorreu uma descida da TIC nos 9 minutos iniciais para a temperatura mínima de 36.82°C. Seguiu-se então uma subida, terminando a EFS com 37.47°C. Nas condições de conforto, pós exposição registou-se a descida gradual da temperatura, porém só ao fim de 90 minutos atingiu-se temperaturas próximas das iniciais.

6.6.3 Questionário de sensação térmica

A tabela 24 apresenta as respostas do V5 ao QST ao longo do ensaio.

Tabela 24 – Resultados do QST do V5 ao longo do ensaio.

Tempo (min)	Questões Respostas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10 Antes EFS	-1	0	0	Sim	0	Nao	Não	Não
0 EFS	-2	-1	1	Sim	0	Nao	Nao	Nariz
20 EFS	-2	-1	2	Sim	-1	Nao	Nao	Nariz
40 EFS	-2	-1	2	Sim	-1	Não	Não	Dedos
60 EFS	-2	-1	2	Sim	-1	Não	Nao	Dedos
5 Após EFS	1	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
20 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Nao
40 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
60 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Sono	Não	Não
90 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Sono	Não	Não

6.7 Voluntário 6

6.7.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

A tabela 25 expõem os valores registados da PA e FC do V6.

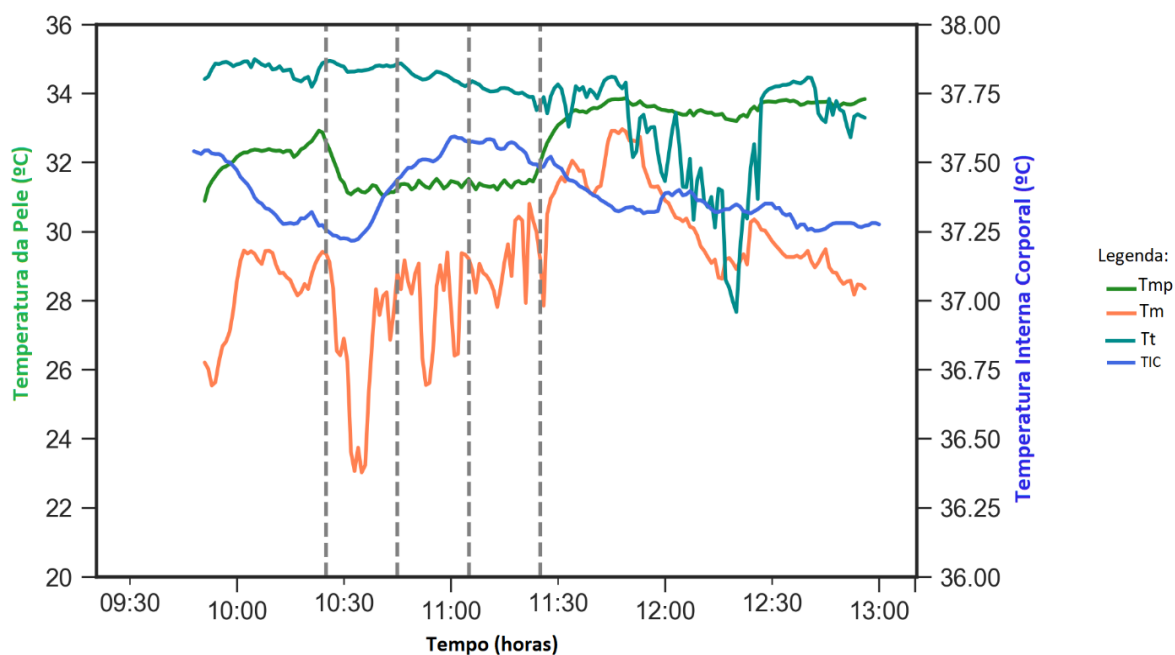
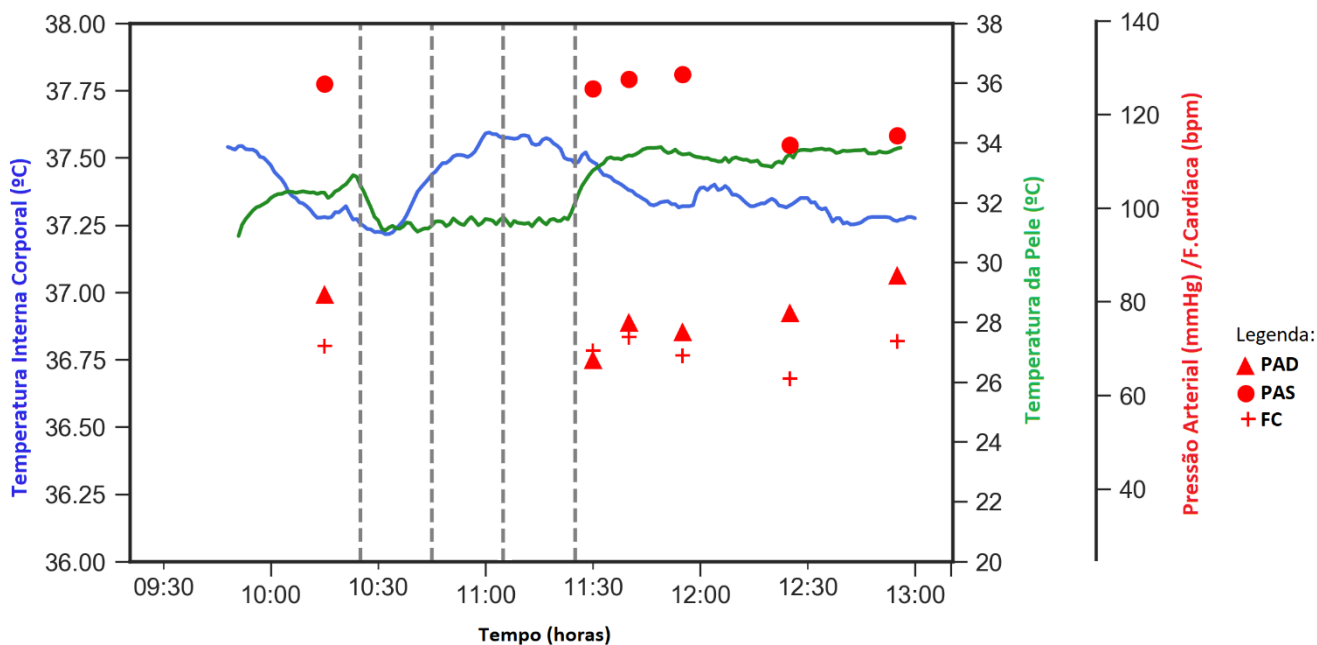
A PAS e a FC diminui ligeiramente 5 minutos após a EFS, enquanto a PAD diminui significativamente.

Tabela 25 – Resultados da PA e FC do V6 antes e após EFS

Tempo (min)	Variável		
	mmHg		bpm
	PAS	PAD	FC
10 Antes EFS	127	82	71
5 Após EFS	126	68	70
15 Após EFS	128	76	73
30 Após EFS	129	74	69
60 Após EFS	114	78	64
90 Após EFS	116	86	72

6.7.2 Temperatura interna corporal e temperatura da pele

Na figura 15 é apresentado a variação da TIC, TMP, PA e FC ao longo do ensaio, enquanto na figura 16 é ilustrada a variação da TIC, TMP, TM e TT.



A TIC registada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 37.28°C. Nos 10 minutos de EFS ocorreu uma descida da TIC para 37.22°C. Seguiu-se então um amento, terminando a EFS

com a temperatura de 37.48°C. Nas condições de conforto, pós exposição a TIC desceu, demorando 75 minutos para atingir o valor obtido na pré-exposição.

A TMP assinalada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 32.33°C. O voluntário iniciou a EFS com 29.35°C, verificando-se várias oscilações durante este período. A descida mais acentuada ocorreu nos primeiros 11 minutos (23.02°C). A EFS foi terminada com 29.21°C. Dezanove minutos decorridos na pós-exposição foram suficientes para recuperar a temperatura inicial.

A TM registada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 28.59°C. O voluntário iniciou a EFS com 29.35°C registando-se uma descida acentuada nos primeiros 18 minutos de exposição para valor de 26.45°C. No restante período observou-se um aumento da Tm, terminando a EFS com 32.34°C. Nos 7 minutos após a saída da câmara climática observou-se oscilações na TM, seguindo-se um aumento no restante período. O valor de pré-exposição foi recuperado ao 8º minuto após a exposição.

A TT assinalada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 34.69°C. O voluntário iniciou a EFS com 34.91°C verificando-se uma descida ao longo da EFS, terminado com 33.66°C. Nas condições de conforto pós-exposição, registou-se aos 20 minutos a temperatura mais próxima da inicial (34.47°C).

6.7.3 Questionário de sensação térmica

A tabela 26 apresenta as respostas do V6 ao QST ao longo do ensaio

Tabela 26 – Resultados do QST do V6 ao longo do ensaio.

Tempo (min)	Questões Respostas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10 Antes EFS	1	0	0	Sim	0	Nao	Não	Não
0 EFS	-1	-1	1	Sim	-1	Nao	Nao	Nao
20 EFS	-1	-2	1	Sim	-1	Nao	Nao	Dedos
40 EFS	-1	-2	1	Sim	-1	Não	Não	Dedos
60 EFS	-1	-2	1	Sim	-1	Não	Dedos	Dedos
5 Após EFS	0	-1	1	Sim	0	Não	Dedos	Dedos
20 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Nao
40 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
60 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Sono	Não	Não
90 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Sono	Não	Não

No momento antes da entrada, o voluntário sentiu-se ligeiramente morno e confortável, não apresentando qualquer sintoma ou frio particular. Na EFS, a sensação térmica passou para fresca, considerando que as condições da temperatura são desconfortáveis, todavia aceitaria trabalhar habitualmente a -20°C. Surgiu a sensação de frio e dor particular nos dedos. Vinte minutos após o término da exposição as condições iniciais foram respostas, surgindo sonolência na última hora do ensaio.

6.8 Voluntário 7

6.8.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

A tabela 27 expõem os valores registados da PA e FC do V7.

A PAS e a FC aumentou após a EFS, enquanto a PAD diminui. Após 90 minutos da exposição registou-se valores semelhantes aos iniciais de pré-exposição.

Tabela 27 – Resultado da PA e FC do V7 antes e após EFS

Tempo (min)	Variável		
	mmHg		FC
	PAS	PAD	
10 Antes EFS	112	75	59
5 Após EFS	116	69	66
15 Após EFS	116	69	62
30 Após EFS	116	76	70
60 Após EFS	110	76	76
90 Após EFS	107	73	60

6.8.2 Temperatura interna corporal e temperatura da pele

Na figura 17 é apresentado a variação da TIC, TMP, PA e FC ao longo do ensaio, enquanto na figura 18 é ilustrada a variação da TIC, TMP, TM e TT.

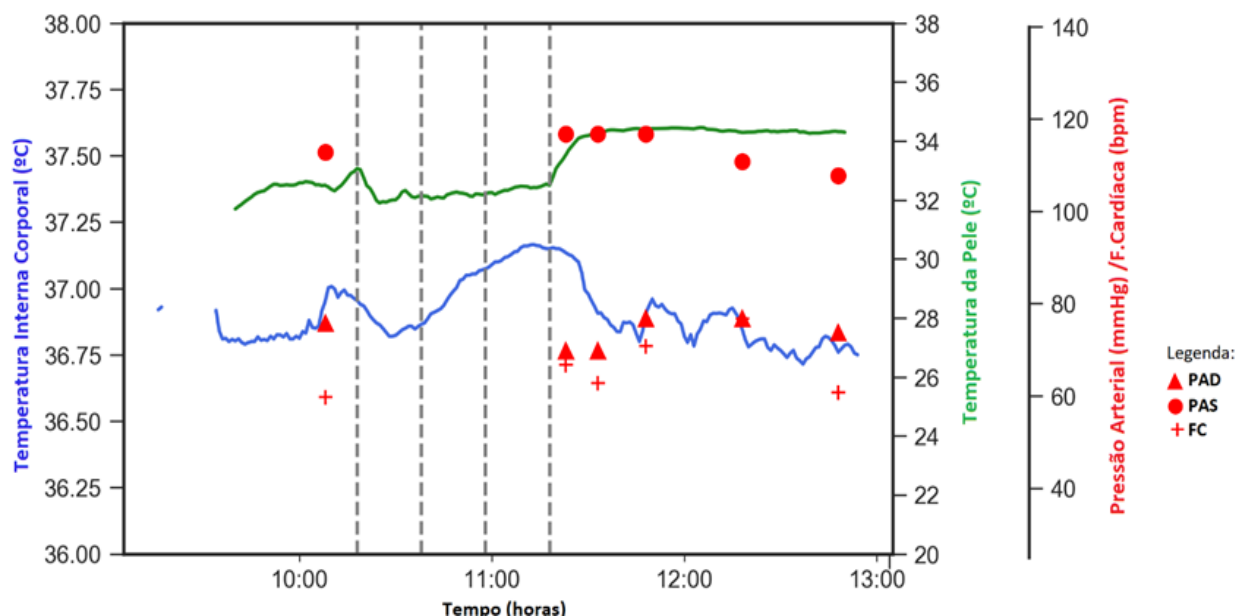


Figura 17 – Evolução da TIC, TMP, PA e FC do V7

A TIC registada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 36.95°C. Nos 13 minutos de EFS ocorreu uma descida para 36.82°C. Seguiu-se então um amento, terminando a EFS com a

temperatura de 37.15°C. Nas condições de conforto, pós exposição a TIC desceu, demorando 9 minutos para atingir o valor obtido na pré-exposição.

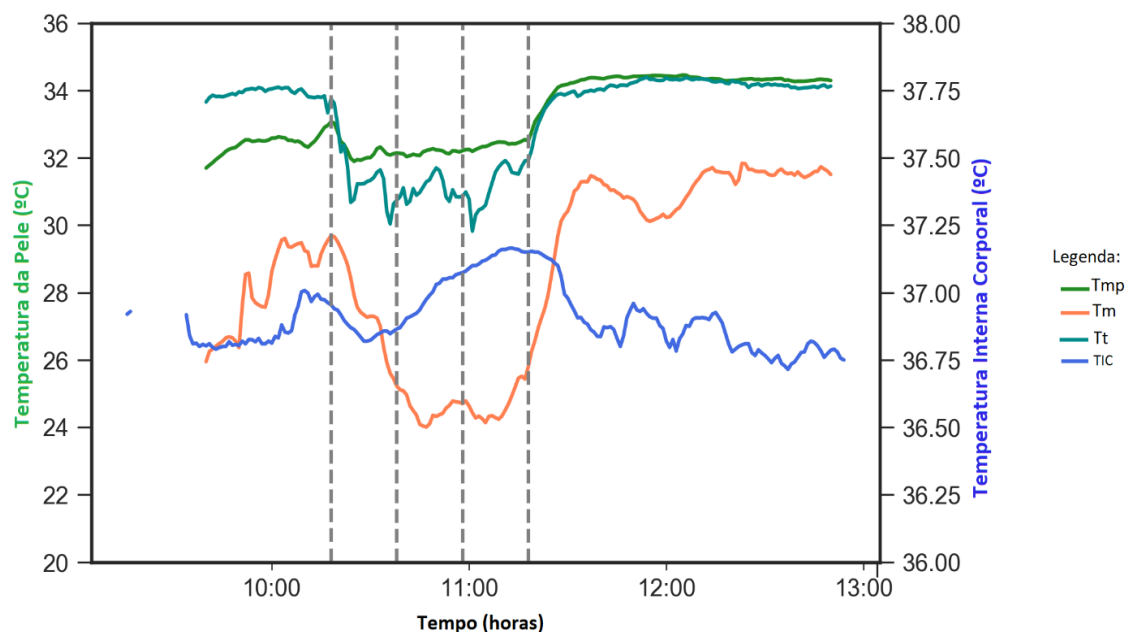


Figura 18 – Evolução da TIC, TMP, TM e TT do V7

A TMP assinalada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 32.50°C. O voluntário iniciou a EFS com 33.07°C, verificando-se um decréscimo. A descida mais acentuada ocorreu nos primeiros 8 minutos (31.90°C). A EFS foi terminada com 32.50°C, continuando a subir no período subsequente.

A TM registada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 29.45°C. O voluntário iniciou a EFS com 29.96°C ocorrendo uma descida acentuada nos primeiros 30 minutos de exposição para valor de 24.01°C. Após um período de estabilização, EFS termina com 25.80°C. A TM foi recuperada 10 minutos após a saída da câmara (29.69°C).

A TT assinalada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 34.69°C. O voluntário iniciou a EFS com 34.91°C verificando-se uma descida ao longo da EFS, terminado com 33.66°C. Nas condições de conforto pós-exposição, registou-se aos 20 minutos a temperatura mais próxima da inicial (34.47°C).

6.8.3 Questionário de sensação térmica

A tabela 28 apresenta as respostas do V7 ao QST ao longo do ensaio.

No momento antes da entrada, o voluntário sentiu-se morno e confortável, não apresentando qualquer sintoma ou frio particular. No início da EFS, a sensação térmica passou para ligeiramente fresca, considerando que as condições da temperatura eram um pouco desconfortáveis, todavia aceitaria trabalhar habitualmente a -20°C. Aos 40 minutos de EFS o V7 sentiu-se morno e com a

vontade de estar um pouco mais frio. Vinte minutos após o término da exposição as condições iniciais foram atingidas.

Tabela 28 – Resultados do QST do V7 ao longo do ensaio.

Tempo (min)	Questões Repostas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10 Antes EFS	2	0	0	Sim	0	Nao	Não	Não
0 EFS	-1	-1	2	Sim	0	Nao	Nao	Nao
20 EFS	-1	-1	1	Sim	-1	Nao	Nao	Nao
40 EFS	2	0	-1	Sim	0	Não	Não	Não
60 EFS	1	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
5 Após EFS	3	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
20 Após EFS	2	0	0	Sim	0	Não	Não	Nao
40 Após EFS	2	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
60 Após EFS	1	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
90 Após EFS	2	0	0	Sim	0	Não	Não	Não

6.9 Voluntário 8

6.9.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

A tabela 29 expõem os valores registados da PA e FC do V8.

A PAS e a FC aumentou após a EFS, enquanto a PAD diminui. A PAS foi recuperada decorridos 60 minutos após a EFS enquanto a FC apenas necessitou de 15 minutos. Os valores iniciais da PAD nunca mais foram atingidos.

Tabela 29 – Resultados do QST do V7 ao longo do ensaio.

Tempo (min)	Variável		
	mmHg		bpm
	PAS	PAD	FC
10 Antes EFS	125	91	60
5 Após EFS	130	76	64
15 Após EFS	134	85	60
30 Após EFS	130	78	54
60 Após EFS	125	79	59
90 Após EFS	128	86	54

6.9.2 Temperatura interna corporal e temperatura da pele

Na figura 19 é apresentada a variação da TIC, TMP, PA e FC ao longo do ensaio, enquanto na figura 20 é ilustrada a variação da TIC, TMP, TM e TT.

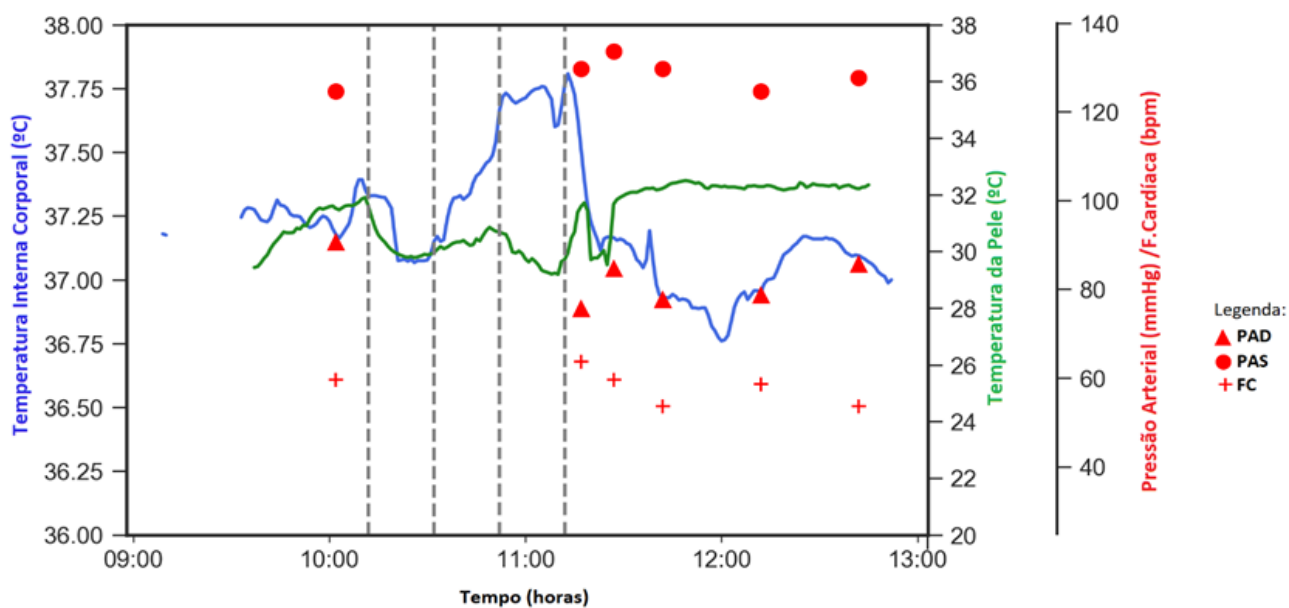


Figura 19 – Evolução da TIC, TMP, PA e FC do V8

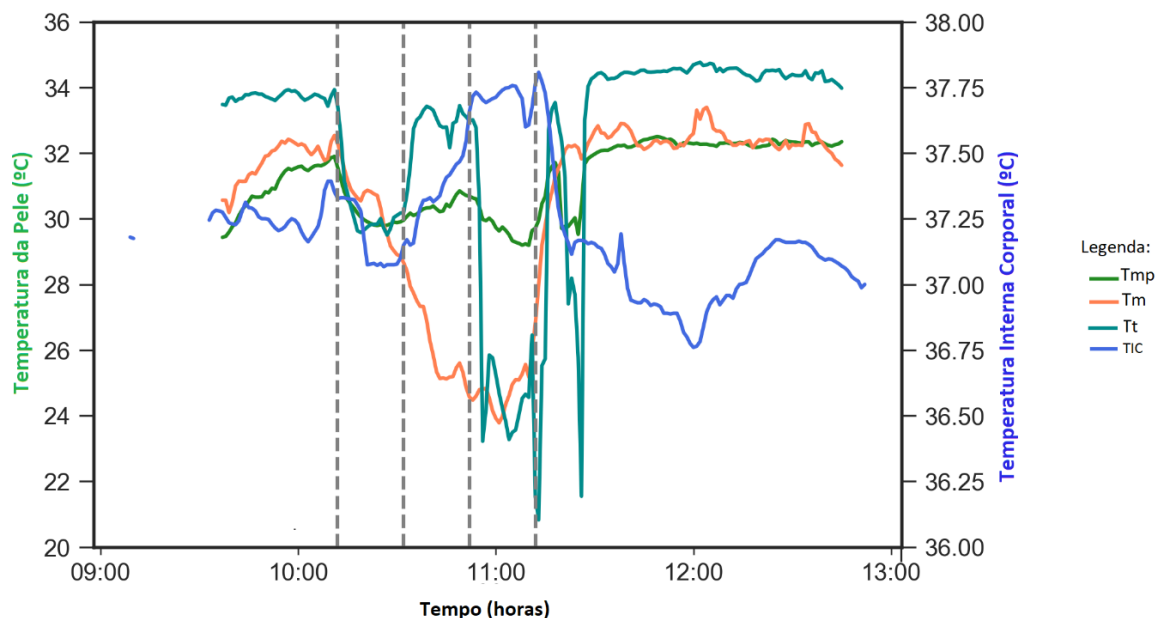


Figura 20 – Evolução da TIC, TMP, TM e TT do V8

A TIC registada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 37,18°C. Nos 14 minutos de EFS ocorreu uma descida da TIC para 37,07°C. Seguiu-se então um amento, terminando a EFS com a temperatura de 37,76°C. Nas condições de conforto, pós exposição a TIC desceu, demorando 9 minutos para atingir o valor obtido na pré-exposição.

A Tmp assinalada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 31,51°C. O voluntário iniciou a EFS com 31,56°C, verificando-se um decréscimo. A descida mais acentuada ocorreu nos primeiros 15 minutos (29,78°C). A EFS foi terminada com 29,71°C. Ao fim de 16 minutos da saída da câmara foi reposta a Tmp inicial.

A T_m registada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 32.23°C. O voluntário iniciou a EFS com 32.28°C ocorrendo uma descida acentuada, saindo da câmara com 26.82°C. A T_m foi recuperada 11 minutos após a saída da câmara (32.22°C).

A T_t assinalada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 33.61°C. O voluntário iniciou a EFS com 33.42°C verificando-se uma descida ao longo da EFS, terminado com 21.53°C. Nas condições de conforto pós-exposição, registou-se aos 17 minutos a temperatura mais próxima da inicial (34.03°C).

6.9.3 Questionário de sensação térmica

A tabela 30 apresenta as respostas do V8 ao QST ao longo do ensaio.

Tabela 30 – Resultados do QST do V8 ao longo do ensaio.

Tempo (min)	Questões Respostas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10 Antes EFS	1	0	0	Sim	0	Nao	Não	Pés
0 EFS	-2	-1	2	Sim	-1	Nao	Nao	Nao
20 EFS	-2	-1	2	Sim	-1	Nao	Dedos	Nariz
40 EFS	-2	-1	2	Sim	-1	Não	Não	Não
60 EFS	-1	-1	-1	Sim	0	Não	Não	Não
5 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
20 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Nao
40 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
60 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
90 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não

No momento antes da entrada, o voluntário sentiu-se ligeiramente morno e confortável contudo apresentou a zona dos pés como fria. Na EFS, a sensação térmica passou para fresca, considerando que as condições da temperatura eram um pouco desconfortáveis, todavia aceitaria trabalhar habitualmente a -20°C. Aos 20 minutos de EFS surgiu a sensação de dor nos dedos e frio no nariz. Cinco minutos após o término da exposição as respostas apresentadas eram de conforto.

6.10 Voluntário 9

6.10.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

A tabela 31 expõem os valores registados da PA e FC do V9.

A PA diminuiu após a EFS, enquanto a FC aumentou. O valor da PAS mais próximo da pré-exposição foi atingido 5 minutos após a saída da EFS. A PAD e a FC nunca voltaram aos valores iniciais.

Tabela 31 – Resultados da PA e FC do V9 antes e após EFS

Tempo (min)	Variável		
	mmHg		bpm
	PAS	PAD	FC
10 Antes EFS	131	84	86
5 Após EFS	130	71	106
15 Após EFS	117	74	103
30 Após EFS	118	75	94
60 Após EFS	112	80	94
90 Após EFS	112	77	91

6.10.2 Temperatura interna corporal e temperatura da pele

Na figura 21 é apresentada a variação da TIC, Tmp, PA e FC ao longo do ensaio, enquanto na figura 22 é ilustrada a variação da TIC, Tmp, Tm e Tt.

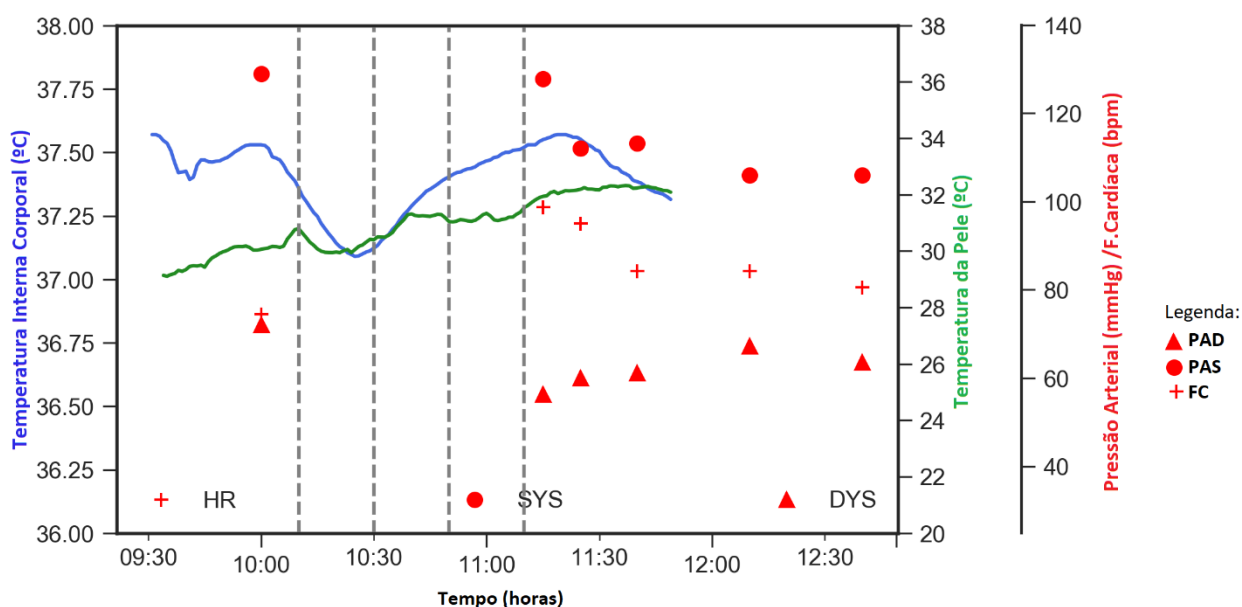


Figura 21 – Evolução da TIC, TMP, PA e FC do V9

A TIC registada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 37.53°C. Nos primeiros 17 minutos de EFS ocorreu uma descida da TIC para 37.09°C. Seguiu-se então um aumento, terminando a EFS com a temperatura de 37.52°C. Nas condições de conforto, pós exposição a TIC desceu ligeiramente.

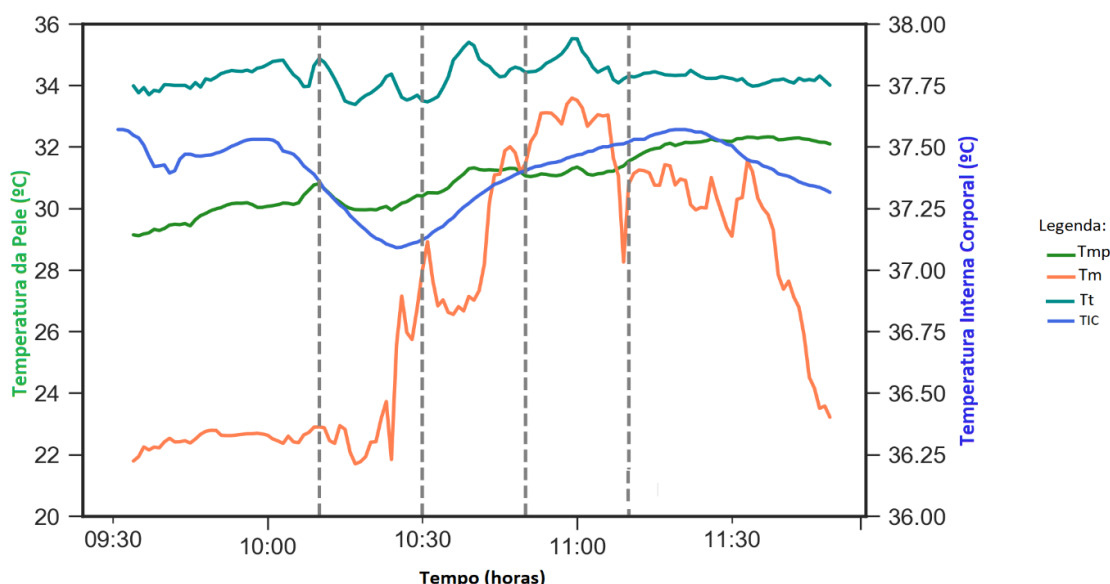


Figura 22 – Evolução da TIC, TMP, TM e TT do V9

A TMP assinalada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 30.06°C. O voluntário iniciou a EFS com 30.80°C, verificando-se um aumento. Nos primeiros 9 minutos ocorreu uma descida acentuada (29.95°C), contudo a EFS foi terminada com 31.54°C. No período pós exposição a TMP continuou a subir.

A TM registada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 22.62°C. O voluntário iniciou a EFS com 22.90°C ocorrendo uma subida acentuada, saindo da câmara com 30.79°C. Na pós exposição a TM desceu, porém não atingindo os valores iniciais.

A TT assinalada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 34.67°C. O voluntário iniciou a EFS com 34.87°C verificando-se uma oscilação da TT ao longo da EFS, terminado com 34.30°C. Nas condições de conforto pós-exposição, registou-se aos 13 minutos a temperatura mais próxima da inicial (34.48°C).

6.10.3 Questionário de sensação térmica

A tabela 32 apresenta as respostas do V9 ao QST ao longo do ensaio.

No momento antes da entrada, o voluntário sentiu-se ligeiramente morno e confortável. Na EFS, a sensação térmica variou entre fresca e neutra, considerando que as condições da temperatura eram um pouco desconfortáveis, todavia aceitaria trabalhar habitualmente a -20°C. A região do nariz e dos pés foram apontadas como as mais frias. Após exposição, a sensação térmica de morno foi a mais predominante.

Tabela 32 – Resultados do QST do V9 ao longo do ensaio

Tempo (min)	Questões Repostas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10 Antes EFS	1	0	1	Sim	0	Nao	Não	Não
0 EFS	0	0	1	Sim	0	Nao	Nao	Nao
20 EFS	-1	-1	2	Sim	-1	Nao	Nao	Nariz
40 EFS	0	-1	1	Sim	0	Não	Não	Nariz
60 EFS	0	-1	1	Sim	0	Não	Não	Nariz e pés
5 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Pés
20 Após EFS	2	0	0	Sim	0	Não	Não	Nao
40 Após EFS	2	0	0	Sim	0	Não	Não	Pés
60 Após EFS	2	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
90 Após EFS	2	0	0	Sim	0	Não	Não	Não

6.11 Voluntário 10

6.11.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

A tabela 33 expõem os valores registados da PA e FC do V10.

A PAS permaneceu inalterada antes e logo após a saída da EFS. A PAD aumentou. A FC aumentou ligeiramente.

Tabela 33 – Resultados da PA e FC do V10 antes e após EFS

Tempo (min)	Variável		
	mmHg		bpm
	PAS	PAD	FC
10 Antes EFS	116	80	58
5 Após EFS	116	87	59
15 Após EFS	112	80	61
30 Após EFS	120	79	60
60 Após EFS	117	71	61
90 Após EFS	127	76	64

6.11.2 Temperatura interna corporal

Na figura 23 é apresentada a variação da TIC, PA e FC ao longo do ensaio.

A TIC registada 10 minutos antes da entrada na câmara climática foi de 37.30°C. Nos 9 minutos iniciais de EFS ocorreu uma descida da TIC para 37.31°C. Seguiu-se então um amento, terminando a EFS com a temperatura de 37.77°C.

Nas condições de conforto, pós exposição a TIC desceu ligeiramente, ao fim de 30 minutos 37.33°C foi a temperatura mais próxima da pré-exposição.

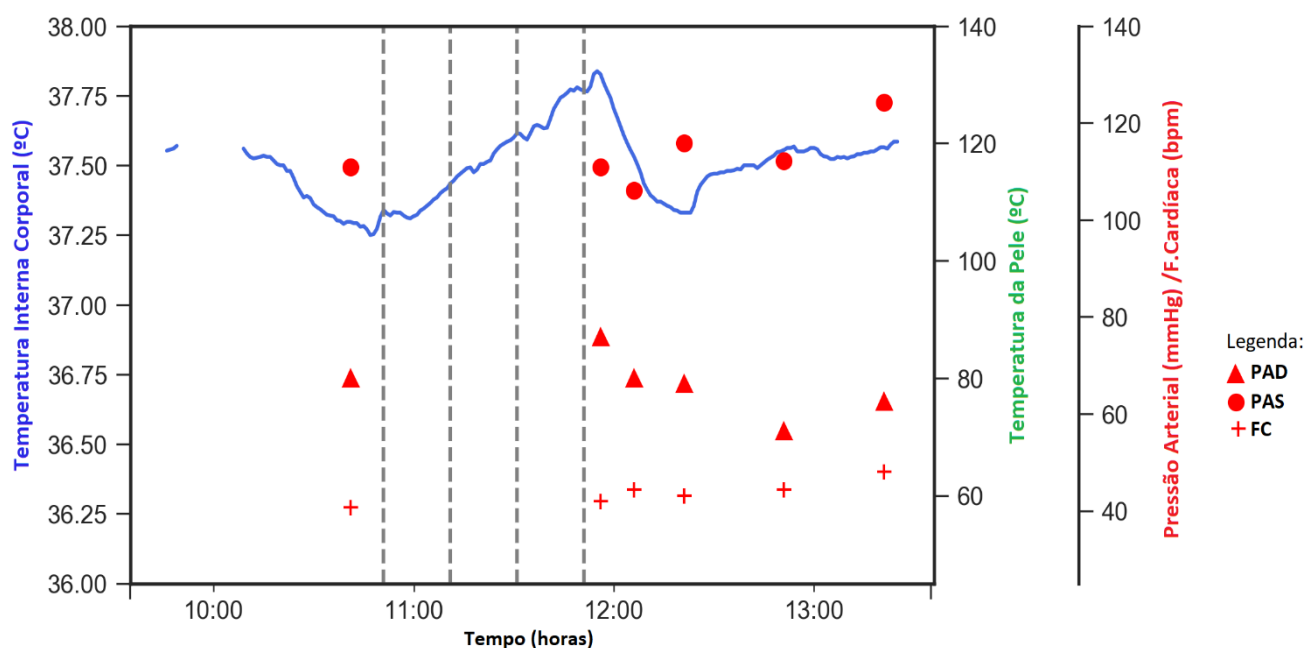


Figura 23 – Evolução da TIC, PA e FC do V10

6.11.3 Questionário de sensação térmica

A tabela 34 apresenta as respostas do V10 ao QST ao longo do ensaio.

Tabela 34 – Resultados do QST do V10 ao longo do ensaio.

Tempo (min)	Questões Repostas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10 Antes EFS	0	0	0	Sim	0	Nao	Não	Não
0 EFS	-1	-1	1	Sim	-1	Nao	Nao	Mãos
20 EFS	-1	-2	1	Sim	-2	Nao	Nao	Mãos
40 EFS	-1	-2	1	Sim	-2	Não	Não	Mãos e Pés
60 EFS	-1	-2	1	Sim	-2	Não	Não	Mãos e Pés
5 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Pés
20 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Nao
40 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Nao
60 Após EFS	0	0	0	Sim	0	Não	Não	Não
90 Após EFS	0	0	1	Sim	0	Não	Não	Pés

No momento antes da entrada, o voluntário sentiu-se neutro e confortável. Na EFS, a sensação térmica evolui para ligeiramente fresca, considerando que as condições da temperatura eram desconfortáveis, todavia aceitaria trabalhar habitualmente a -20°C . A região das mãos e dos pés foram apontadas como as mais frias. Vinte minutos após exposição, as condições iniciais foram restabelecidas.

7 DISCUSSÃO

7.1 Pressão arterial e frequência cardíaca:

Segundo a Norma nº 026/2011 de 29/09/2011 atualizada a 19/03/2013 da Direção Geral de Saúde, os valores ótimos de PAS e PAD para adultos com 18 ou mais anos de idade que não estejam medicados com fármacos e não apresentem nenhuma patologia aguda concomitante são ≤ 120 mmHg e < 80 mmHg, respetivamente.

A média da amostra considerada neste estudo enquadrava-se nestes valores, ocorrendo um aumento médio de 4.45 mmHg da PAS após 5 minutos de EFS face aos valores de pré-exposição. O V5 registou um aumento de 25 mmHg, o maior do estudo. Todavia, a tendência não foi global, verificando-se diminuições de 1 a 2 mmHg nos sujeitos V1, V6 e V9. O V3 e V10 não apresentaram modificações na PAS no primeiro momento de medição pós exposição.

De modo inverso, a PAD diminui em média 5 mmHg nas mesmas condições, sendo os V1, V3 e V10 os únicos a contrariar esta situação, com aumentos na ordem dos 1 a 7 mmHg respetivamente. O V8 foi o que menor valor de PAD registou nos 5 minutos após EFS com um decréscimo de 15 mmHg.

No período de recuperação, a PAS média diminui e a PAD teve o comportamento inverso. A PAS demorou em média 90 minutos a atingir os valores de pré-exposição enquanto a PAD apenas 15 minutos. Porém 60 minutos após a EFS as oscilações foram menores do que período antecessor e ajustados aos valores declarados padrão. O V10 foi o mais rápido a retomar os valores iniciais, com 5 minutos para a PAS e 15 minutos para a PAD, facto não dissociado de uma menor variação da PA.

Aumentos de PA eram expectáveis. A exposição ao frio traduz-se num aumento da PAS e PAD e na estimulação do sistema nervoso simpático, responsável pela existência de vasoconstricção periférica que diminui a circulação do sangue à superfície da pele, passando esta a realizar-se essencialmente nos órgãos vitais, salvaguardando o seu funcionamento. (Li et al. 2009 e Komulainen et al. 2004).

Um ensaio com trabalhadores de câmaras de frio expostos a temperaturas de -26 a $+20$ °C demonstrou a PAS e PAD significativamente mais elevadas nos indivíduos que trabalhavam a temperaturas mais baixas ($0-10$ °C) em comparação com os indivíduos que desenvolviam o seu trabalho em ambiente menos severo ($10-14$ °C). (Koszada-włodarczyk et al., 2006). No estudo de Kluth et al. (2013), em que foi medida PA numa exposição repetida ao frio (20 min a 20 °C; 80 min a -24 °C; 20 min a 20 °C; 100 min a -24 °C; 20 min a 20 °C; 120 min a -24 °C; 20 min a 20 °C) em contexto laboral, registou-se um aumento de 15 mmHg da PAS e 6 mmHg da PAD em comparação com as temperaturas de conforto. Os resultados médios da PAS neste estudo são menores aos obtidos por Kluth et al. (2013), porém, os resultados diastólicos são bastante distintos,

enquadrando-se apenas os V1, V3 e V10. Todavia, flutuações de ± 10 mmHg (e mais) que não estão relacionadas com trabalho no frio não são incomuns (Kluth et al., 2013).

Apesar de um número de ensaios limitados, parece existir uma associação entre o aumento da PAS e a diminuição da PAD. Comess KA (1981) demonstra que a PAS e a FC elevavam-se durante e imediatamente após o trabalho muscular. Em geral, essa elevação da PAS é acompanhada da redução ou conservação da PAD o que se enquadra no nosso estudo.

O V2, V5 e V8 com um maior IMC, em média de 27.70 ± 2.41 kg/m² apresentaram os aumentos da PAS mais expressivos, em média de 12.33 ± 8.90 mmHg. Durante o momento de recuperação o V5 e V8 mantiveram por um maior período de tempo valores de PAS superiores aos cotados como ótimos. Considerando a prevalência de hipertensão em indivíduos com uma maior percentagem de peso, esta pode ser, uma possível justificação para os resultados obtidos (Amer, 2007).

Li et al., (2009), num ensaio onde pretendeu relacionar as respostas da PA, FC e a sensação térmica na exposição ao frio (temperatura $-5.8 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$, e humidade relativa $72 \pm 4\%$) registaram também aumentos. No geral, a PAS inicial basal foi de $113,8 \pm 9,5$ e a PAD $72,0 \pm 7,6$ mmHg, que aumentou para $124,5 \pm 9,8$ e $82,0 \pm 8,0$ mmHg durante a exposição ao frio e depois retornou ao nível de linha de base do teste durante a recuperação. A retoma dos valores basais foi acelerada com o uso de chapéus, necessitando apenas de 5 minutos. Em condições semelhantes às usadas no nosso estudo, os sujeitos necessitaram de 20 minutos. No entanto, durante os 15 minutos de exposição ao frio, não foram exigidas aos indivíduos tarefas que envolvessem esforço físico. Além disso, a conjugação de uma menor temperatura de exposição (-20°C) e um maior tempo de EFS não pode ser dissociada.

Na FC, a descida dos valores após 5 minutos da EFS foi exclusiva do voluntário V6, não se encontrando explicação aparente, tendo os restantes assinalado aumentos. O V9 apresentou o aumento mais significativo, na ordem dos 20 bpm, quando comparado com os valores de pré-exposição, mantendo os valores mais elevados da FC ao longo de todo o ensaio, por seu turno o V2 e V10 apresentaram os menores aumentos.

Após 30 minutos da recuperação, a média da FC apresentou uma descida, contudo os valores de pré-exposição não foram totalmente alcançados. Considerando a exigência física do protocolo e adição do peso da roupa de proteção ao frio, o aumento da FC era expectável.

Num estudo de protocolo semelhante e em condições de frio severo, verificou-se aumentos de 8 bpm nos sujeitos mais jovens e 3 bpm nos mais velhos (Kluth et al. (2013). Situação enquadrada com a realidade verificada no nosso estudo, onde 2 dos 3 voluntários com menor variação da FC possuíam uma maior idade.

7.2 Temperatura interna corporal

O funcionamento completo e adequado do corpo está dependente de uma TIC entre 36,5 a 38,5 °C (Mora et al. 2015). Organização Internacional de Normalização estabelece um limiar inferior para a TIC de 36°C (ISO 9886, 2004). Neste estudo, em nenhum momento se verificou temperaturas desenquadradas deste intervalo. A TIC mínima registada no frio foi de 36.82°C, pelo V7 ao fim de 11 minutos contudo a variação face á temperatura de pré-exposição foi apenas de -0.13°C.

Em média, a TIC diminuiu nos primeiros 10 minutos de EFS. Seguidamente, ocorreu um aumento da temperatura. No término da EFS, a temperatura foi em média 0.35°C superior à registada no minuto inicial de exposição.

A TIC média de pré-exposição foi de $37.26 \pm 0.16^\circ\text{C}$ sendo necessários 20 minutos de pós-exposição para a retoma destes valores ($37.28 \pm 0.28^\circ\text{C}$). Após 90 minutos da saída da câmara climática apenas o V5 e V10 não igualaram ou diminuíram a sua TIC face a registada na pré-exposição.

Os resultados obtidos no estudo são antinómicos, sobretudo quando comparados com outros ensaios.

Kluth et al. (2013), num estudo de 80 minutos de exposição a -24°C, onde os sujeitos ordenavam objetos em estantes averiguou através da temperatura do tímpano, o decréscimo da TIC de 1.3°C nos sujeitos mais jovens e de 2.0°C nos mais velhos, quando comparadas com os valores iniciais (36.6°C e 36.9° respetivamente). Impacto semelhante na TIC (medida no reto) teve uma outra investigação, para trabalho estático de 40 minutos a -10 e -20°C, com descidas de 0.11°C e 0.05°C na EFS quando confrontadas com as temperaturas iniciais de 37.55°C e 37.22°C e com uma velocidade do ar de 0.2m/s. (Daanen, 2009).

Apesar dos resultados contraditórios, o isolamento do vestuário excessivo e a exigência metabólica do nosso protocolo podem ter sido decisivos. Os humanos produzem calor internamente para regular a TIC, utilizando um balanço na produção, absorção e perda de calor. A homeostasia torna-se mais evidente durante a prática de exercício físico onde aproximadamente 25% da energia química proveniente da oxidação dos nutrientes transforma-se em energia responsável pelo movimento e a restante em energia térmica (Carvalho, 2010). Um número suficiente de resultados de estudos científicos (Boennemark et al., 1969; Forsthoft, 1983; Veghte & Clogston, 1961) mostram que quedas substanciais da TIC mesmo a temperaturas extremamente baixas podem ser evitadas através de um aumento do desempenho do trabalho e / ou através de um aumento adaptado no isolamento das roupas de proteção contra o frio.

Neste estudo, apesar de uma temperatura de exposição de -20°C o excesso de vestuário “overdress” parece ter um efeito significativo no aumento da TIC, levando mesmo a sudorese e vasodilatação na decorrer do protocolo (Nagashima et al. 2012). O método de medição da TIC deve também ser considerado alvo de análise. Nos estudos anteriormente citados a obtenção da TIC realizou-se por via rectal ou timpânica, não sendo estes métodos considerados como válidos, uma vez que estão

dependentes da produção de calor dos músculos locais ou da anatomia da orelha no caso do tímpano. (ISO 9886 2004, Bagley et al. 2011). Evidências disso, foi a diferença de 8.3°C entre a TIC registada da forma esofágica (36.7°C) e a do tímpano (28.5°C), num ensaio de Strapazzon et al. (2015) em condições de exposição de -28.7°C.

Todavia, a idade parece ser fator de influência na variação da TIC em EFS. Apesar da baixa variação de idades da amostra deste estudo, constatou-se que o V2, que registou o aumento mais significativo (0.55°C) era igualmente o voluntário mais velho (28 anos).

O IMC tal como na PAS aparenta ter impacto no comportamento da TIC, uma vez que voluntários com um IMC mais elevado (V2, V5 e V8) apresentaram os maiores aumentos ($0.49 \pm 0.05^\circ\text{C}$) quando comparado o momento inicial e final de EFS.

A diminuição da TIC nos primeiros 10 minutos de EFS deveu-se possivelmente ao impacto inicial adaptativo do corpo às novas condições de temperatura, como já referido vasoconstricção periférica é uma das respostas imediatas ao frio, devido a uma estimulação ortossimpática iniciada pela ativação termocutânea dos nociceptores. Com o avançar do protocolo e consequentemente o aumento da atividade física, surge um incremento da produção de calor metabólico, resultando numa maior vasodilatação ativa cutânea e elevação da TIC (Nisha Charkoudian, 2010).

Na saída da EFS, com a paragem da atividade física e um balanço térmico negativo, a TIC volta a descer, apesar de uma temperatura do ar maior. Kim et al., (2007) num ensaio envolvendo exigência física no frio suporta esta tendência, apesar da diminuição da TIC. Numa exposição a -25°C de 30 minutos com 3 atividades de imposição física distinta, a diminuição foi inversamente proporcional ao aumento da atividade física.

Ao contrário do que sucedeu no nosso estudo, um período de 20 minutos foi insuficiente para que a TIC de todos os participantes atingisse os valores iniciais. Todavia e notando que a idade por si só não deve ser condicionante do tempo de recuperação, a amostra jovem do nosso ensaio, aliada à necessidade da diminuição da TIC pós EFS para obtenção dos valores iniciais não podem ser fatores dissociados.

7.3 Temperatura da pele

No geral, ocorreu um aumento da TMP até ao início do trabalho no frio. Seguidamente, surgiu uma diminuição da TMP. No término da EFS, a TMP foi em 0.80° C menor à registada no minuto inicial de exposição ($32.44 \pm 0.91^\circ\text{C}$). Cinco minutos após a saída da câmara climática os valores da TMP aumentam. Aos 20 minutos pós EFS o valor da TMP é superior em 1.36°C à registada na pré-exposição ($31.94 \pm 0.95^\circ\text{C}$) e 0.84°C ao momento da saída da câmara climática ($31.64 \pm 1.23^\circ\text{C}$).

Confrontando com outros estudos semelhantes, constata-se que a tendência é idêntica.

O aumento inicial da TMP, ainda na fase de conforto é provavelmente o resultado da colocação dos sensores nos voluntários despidos, que posteriormente vestem as suas roupas.

Na exposição a frio, Li et al. (2009) em submissões de 15 minutos a -5.8°C, para trabalho estático, obteve diminuições de $2.4 \pm 0.6^\circ\text{C}$ face a temperatura basal de $32.6 \pm 0.9^\circ\text{C}$ Durante o período de

recuperação, TMP aumentou em comparação com o período de exposição ao frio, contudo não atingiu o valor inicial ($-1,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$). A descida da TMP também foi notada noutro estudo, onde os voluntários sentados a -20°C por 40 minutos nas velocidades do ar 0,2 m/s, 0,4 m/s e 0,8 m/s, assinalaram a diminuições de $-1,3^{\circ}\text{C}$, $-2,4^{\circ}\text{C}$ e $-2,6^{\circ}\text{C}$, respetivamente (Dannen, 2009).

A termorregulação é realizada por um sistema de controlo fisiológico composto por termoreceptores centrais e periféricos, um sistema de condução aferente, um sistema de controlo central de integração dos impulsos térmicos e um sistema de respostas eferentes levando a respostas compensatórias.

A pele é composta por várias estruturas termorreceptoras sensíveis presentes nas terminações nervosas e categorizadas como quentes ou frias. Os recetores frios são encontrados imediatamente abaixo da epiderme e têm descargas de impulsos a temperaturas entre 25°C e 30°C , enquanto os recetores quentes estão localizados na derme iniciam atividade entre os 45°C e 50°C . Estes recetores fornecem ao corpo sua primeira linha de informações fisiológicas.

No frio, quando os recetores são ativados, enviam sinais elétricos (isto é, potenciais de ação) para o cérebro (hipotálamo anterior), que são então interpretados como uma sensação de frio que ativará no hipotálamo posterior várias respostas fisiológicas eferentes como a aumento da FC, vasoconstrição periférica, e taxa metabólica por forma a evitar a redução da TIC (Pozos et al. 1987). Este mecanismo parece justificar a diminuição inicial da TMP e o aumento da TIC na EFS no nosso estudo.

O V4 com 28.17°C de TMP aos 40 minutos de exposição foi o valor mais baixo registado no ensaio. Dos 3 voluntários com maior IMC, apenas foram registados dados da TMP no V8, que na generalidade manteve os valores mais baixos ao longo da experiência. Mais ensaios seriam necessários para tirar conclusões válidas, contudo Nagashima et al. (2012) afirma que a gordura tem cerca de metade da condutividade do tecido muscular, sendo provável obtenção de uma TP menor em indivíduos que apresentem uma maior percentagem de gordura.

Nos últimos 20 minutos da EFS registou-se um aumento da TMP que passa de $30.99 \pm 1.28^{\circ}\text{C}$ ao minuto 40 para $31.64 \pm 1.23^{\circ}\text{C}$ ao minuto 60. Neste mesmo período, a TIC regista uma variação menor ($+0.08^{\circ}\text{C}$) quando comparada com o período antecessor ($+0.22^{\circ}\text{C}$). Esta é a consequência expectável da atividade física do protocolo e do calor gerado a partir de órgãos metabolicamente ativos e distribuído para as partes do corpo onde menos calor é produzido. Também sinais de suor foram identificados nos voluntários na saída do frio, apesar de uma TMP inferior à de pré-exposição. Nagashima et al. (2012) revela que por cada grau de aumento acima dos valores termoneutros, a TIC é cerca de 10 vezes mais relevante que a TMP em induzir ativação das glândulas sudoríparas. Kim et al. (2007) que comparou as diferenças da TMP na exposição a -25°C confirmou este cenário, com uma diminuição menos acentuada quando a atividade envolvia maior força muscular.

A TM apresentou uma diminuição de 2.17°C nos 20 minutos iniciais de EFS para $27.51 \pm 2.10^{\circ}\text{C}$ seguindo-se um aumento constante no restante tempo de EFS.

O V3 e V4 apresentaram os maiores valores da TM ao longo da EFS (30.54 e 31.46°C aos 40 minutos), facto explicado por uma maior TM inicial mas também por uma presumível deslocação do sensor da mão para uma parte superior do braço, uma vez que a fixação deste era de difícil garantia.

Wiggen et al. (2011) considera que temperaturas dos dedos abaixo dos 20°C resulta numa diminuição na destreza e performance do individuo. Kluth et al. (2013) registou diminuições do dedo da mão para 16°C. Em nenhum momento no nosso estudo se registou a TM inferior a 20°C.

Gao et al (2015) numa exposição por 90 minutos a -30.6°C para atividade de caminhada/corrida registou diminuições 5 e 10°C da temperatura média do dedo mindinho da mão entre os indivíduos, quando usavam luvas. Apenas o V8 e o V9 se enquadram numa situação semelhante. Contudo a tendência geral do estudo citado é semelhante, com a diminuição da TM nos primeiros 15 minutos de EFS e com aumentos assim que existia prática de exercício físico.

O decréscimo da TM no nosso estudo foi expressivamente menor do que nos estudos encontrados, contudo a vasoconstrição ocorre das pontas dos dedos até a parte central da mão, não sendo deste modo possível comparar linearmente as TM do nosso estudo com as temperaturas dos dedos dos estudos citados (Pozos et al. 1987).

Após 5 minutos do término da EFS, a TM foi de $30.59 \pm 1.61^{\circ}\text{C}$, valor superior ao registado na entrada da câmara. Decorridos 20 minutos nenhum voluntário apresentou valores inferiores aos registados 10 minutos antes da exposição. Comportamento similar teve a recuperação da temperatura do dedo mindinho da mão no estudo de Gao et al (2015).

Na região da testa, a oscilação da temperatura foi permanente com a tendência para uma diminuição. Em média a TT na entrada para câmara climática foi de $34.52 \pm 0.69^{\circ}\text{C}$. Na saída $32.05 \pm 4.39^{\circ}\text{C}$. O V8 apresentou a menor TT com 21.62°C ao fim de 60 EFS, diferença superior a 10°C face aos valores de entrada. Atendendo que este voluntário apresentou um dos maiores aumentos da TIC e sinais visíveis de sudação, é plausível que o efeito da temperatura de exposição de -20°C em contacto com a testa suada seja responsável por arrefecimento mais acentuado. O V4 registou o maior número de variações da TT. A oscilação de 35°C decorridos 30 minutos EFS para 26°C aos 44 minutos são exemplo disso.

Nas condições de conforto pós exposição, registou-se a subida da TT que ao fim de 20 minutos foi de $34.57^{\circ} \pm 0.60^{\circ}\text{C}$. O V4 foi o único a manter-se abaixo de um valor próximo da pré-exposição.

Apesar de não existir estudos com enfoque na evolução da TT na EFS os resultados obtidos são expectáveis, uma vez que a testa era uma das partes do corpo mais exposta as condições da temperatura ambiente e uma zona considerada como primordial na dissipação de calor (Nagashima et al. 2012).

7.4 Sensação térmica

Em todos os voluntários verificou-se a alteração da sensação térmica assim que se iniciou a EFS.

Nos primeiros 20 minutos de EFS os voluntários alteram a sua percepção da temperatura para uma sensação térmica ligeiramente fria (-1.2 ± 0.90). Com o decorrer da exposição a sensação de frio atenua-se (-0.7 ± 0.90 aos 60 minutos de EFS) tal como o desejo de se encontrarem mais quentes.

No último minuto da exposição, o V3, V4, V7 e V9 consideram mesmo sentirem-se neutros (0) ou ligeiramente mornos (1). Estes resultados suportam as hipóteses equacionadas anteriormente, onde a conjugação da atividade física e do vestuário levaram a um aumento da TIC e a uma diminuição da sensação de frio no decorrer do ensaio.

Após 20 minutos de EFS os V4, V5, V6, V8, V9 e V10 sentiram a extremidades frias. A analogia da sensação térmica das extremidades com as suas temperaturas coincide com o período onde se registou os valores mais baixos. As extremidades, com enfoque especial no nariz e na testa foram as regiões que se encontraram mais expostas as condições da temperatura ambiente, sendo por isso expectável estes resultados. Gao et al (2015) confirma a maior suscetibilidade de frio nas extremidades na EFS, sendo que a sensação de desconforto particular evolui com o prolongar da exposição.

Cinco minutos após a exposição, o V2 e V6 (dedos das mãos) e V9 e V10 (Pés) ainda apresentaram sensação de frio localizado. Porém, sujeitos com menores temperatura das extremidades neste período não apresentaram os mesmos sintomas, levando a concluir que a sensação de frio tem um grande carácter subjetivo.

O V2 que possuía IMC mais elevado foi também o indivíduo que sentiu mais intensamente o efeito do frio e que mais tempo necessitou para estabelecer uma sensação mais quente. Como já referido anteriormente, a gordura parece retardar as trocas de calor (Nagashima et al., 2012).

O V7 foi o que mais quente se sentiu no final da EFS. No QST efetuado 10 minutos antes da entrada, sentia-se morno ao passo que 5 minutos após a saída, a sensação era de quente. Analisando a sua TIC no mesmo período, verificamos que os 37.14°C apresentados era o valor mais baixo registado entre os voluntários. A variabilidade pessoal parece ganhar mais relevância neste caso. Ao confrontarmos as respostas do V9 no minuto 20 pós exposição, encontramos sensações térmicas semelhantes (2-Morno) contudo a TIC entre os dois diferenciava 0.66°C .

8 LIMITAÇÕES

O número e disponibilidade dos voluntários constitui uma limitação na realização do estudo. Para conclusões generalizadas seria necessário uma amostra maior.

Apesar da tentativa de padronização das operações do protocolo, por vezes era difícil gerir o ritmo a que as mesmas eram executadas, levando a períodos diferentes de execução e recuperação. Devido ao tipo de amostra, torna-se difícil inferir sobre as respostas de outros segmentos da população trabalhadora que possa constituir grupos de maior riscos, como mulheres, ou trabalhadores com mais de 40 anos.

9 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

9.1 Conclusões

A exposição ao frio desencadeia várias reações fisiológicas que podem afetar a saúde, nomeadamente a nível de doenças cardiovasculares e queixas músculoesqueléticas.

O comportamento da PAS após 5 minutos de EFS variou entre os voluntários. Os aumentos foram maiores do que as diminuições registadas. A PAD assinalou em média um decréscimo de 5 mmHg. Os valores da FC no 1º momento de medição pós exposição foram superiores aos valores iniciais.

A exigência física do protocolo e o isolamento do vestuário levaram a aumentos da TIC no frio. Apesar de uma diminuição nos minutos iniciais de exposição, esta elevou-se em média 0.35°C. No período de recuperação, a tendência inverte-se. Vinte minutos foram suficientes para a retoma da TIC basal. Em nenhum momento do ensaio foram encontrados valores da TIC $\leq 36^\circ\text{C}$.

A TMP diminuiu na EFS. Um decréscimo 0,80° C foi assinalado entre o momento de entrada e de saída do frio. A TM apresentou uma diminuição de 2,17°C nos 20 minutos iniciais de EFS, seguindo-se um aumento constante no restante tempo de EFS e no período de recuperação. Oscilações permanentes ocorreram na TT. No final da EFS registava-se uma variação de -2,47°C face a temperatura de entrada. A sudorese apresentada pelos voluntários pode justificar este comportamento.

O QST revelou-se uma ferramenta importante na perceção de sintomas de dor e frio particular, contudo limitado para estimar temperaturas, face à grande variabilidade interpessoal.

Conclui-se que vestuário e a atividade física aumentam a TIC mesmo em situações de frio extremo. Deste modo, a consideração destes parâmetros deve ser o ponto de partida para uma adequada avaliação e gestão de riscos de trabalhos nestas circunstâncias. A aplicação linear de tempos padrão de exposição/recuperação, sem contabilização de fatores pessoais e específicos do trabalho parece por si só desajustada.

9.2 Perspetivas Futuras

Os resultados obtidos realçam a importância do vestuário e da atividade física na EFS, todavia mais ensaios são necessários. O número reduzido de voluntários é limitante para efetuar comparações genéricas. Alterações na intensidade do protocolo, do tempo de EFS, da tipologia da amostra (incluir fumadores, obesos) seriam importantes para conclusões mais específicas.

O aumento da comercialização dos produtos congelados vêm realçar a importância de estudos de atividades no frio, tanto na perspetiva da saúde, como na otimização da performance do trabalhador.

10 BIBLIOGRAFIA

- (ACGIH), American Conference of Governmental Industrial Hygienists, (ACGIH). (2012). *ACGIH Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs)*. <http://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>
- Aralab. 2010. Manual Do Utilizador. Respirationics; Mini Mitter; VitalSense. 2006. “Vital Sense Technical Data.”
- Amer, N. M., Marcon, S. S., & Santana, R. G. (2007). Índice de Massa Corporal e Hipertensão Arterial em Indivíduos Adultos no Centro-Oeste do Brasil.
- Bagley, R. J., Judelson, A. D., Spiering, A. B., Beam, C. W., Bartolini, J. A., Washburn, V. B., ... Casa, J. D. (2011). Validity of field expedient devices to assess core temperature during exercise in the cold. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 82(12), 1098–1103. <http://doi.org/10.3357/ASEM.3102.2011>
- Baldus, S., Kluth, K., & Strasser, H. (2012). Order-picking in deep cold - Physiological responses of younger and older females. Part 2: Body core temperature and skin surface temperature. *Work*, 41(SUPPL.1), 3010–3017. <http://doi.org/10.3233/WOR-2012-0557-3010>
- Biem, J., Koehncke, N., Classen, D., & Dosman, J. (2003). Out of the cold: Management of hypothermia and frostbite. *Cmaj*, 168(3), 305–311.
- Comess KA, Fenster PE: Clinical implications of the blood pressure response to exercise. *Circulation* 68: 233-244, 1981.
- Daanen, H. a M. (2009). Manual performance deterioration in the cold estimated using the wind chill equivalent temperature. *Industrial Health*, 47(3), 262–270. <http://doi.org/10.2486/indhealth.47.262>
- DIN 33403-5. (1997). Title (german) Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung - Teil 5: Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen (Climate at the workplace and its environments - Part 5: Ergonomic design of cold workplaces), 1.
- Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. (2003). Segurança e Saúde no Trabalho Português. *Manual Técnico Da NR 29*, (1), 201.
- Gao, C., Lin, L. Y., Halder, A., Kuklane, K., & Holmér, I. (2015). Validation of standard ASTM F2732 and comparison with ISO 11079 with respect to comfort temperature ratings for cold protective clothing. *Applied Ergonomics*, 46(Part A), 44–53. <http://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.07.002>
- Hofmeyr, R., & Anaes, M. (2017). Wilderness cold-exposure injuries : An African perspective, 107(7), 566–570. <https://doi.org/10.7196/SAMJ.2017.v107i7.12610>
- Hyrkäs, H., Ikäheimo, T. M., Jaakkola, J. J. K., & Jaakkola, M. S. (2016). Asthma control and cold weather-related respiratory symptoms. *Respiratory Medicine*, 113, 1–7. <http://doi.org/10.1016/j.rmed.2016.02.005>
- ISO 15743. (2008). Strategy for risk assessment, management and working practice in cold environment. *International Standards Organisation*.
- ISO 9886. (2004). Ergonomics - Evaluation of thermal strain by physiological measurements. *International Standards Organisation*.
- Johnston, W.A.; Nicholson, F.J.; Roger, A.; Stroud, G. D. (1994). *Freezing and Refrigerated Storage in Fisheries*. *FAO Fisheries Technical Paper - 340*. Food and Agriculture Organization (FAO).

-
- Kim, T. G., Tochihara, Y., Fujita, M., & Hashiguchi, N. (2007). Physiological responses and performance of loading work in a severely cold environment. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37(9–10), 725–732. <http://doi.org/10.1016/j.ergon.2007.05.009>
- Kluth, K., Penzkofer, M., & Strasser. (2011). Age-Related Physiological Responses to Working in Deep Cold. *Wiley Periodicals*, 53(4), 417–24.e5. <http://doi.org/10.1016/j.jaac.2013.12.025>
- Komulainen, S., Oja, T., Rintamäki, H., Virokannas, H., & Keinänen-Kiukaanniemi, S. (2004). Blood pressure and thermal responses to whole body cold exposure in mildly hypertensive subjects. *Journal of Thermal Biology*, 29(7–8 SPEC. ISS.), 851–856. <http://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2004.08.065>
- Koszada-włodarczyk, W., & Makowiec-dąbrowska, T. (2006). PHYSIOLOGICAL REACTION TO WORK IN COLD MICROCLIMATE, 19(2), 123–131. <http://doi.org/10.2478/v10001-006-0020-y>
- Launay, J.-C., & Savourey, G. (2009). Cold Adaptations. *Industrial Health*, 47(3), 221–227. <http://doi.org/10.2486/indhealth.47.221>
- Li, Y., Alshaer, H., & Fernie, G. (2009). Blood pressure and thermal responses to repeated whole body cold exposure: Effect of winter clothing. *European Journal of Applied Physiology*, 107(6), 673–685. <http://doi.org/10.1007/s00421-009-1176-5>
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gotzsche, P. C., Ioannidis, J. P., . . . Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med*, 6(7), e1000100. doi:10.1371/journal.pmed.1000100
- Lundgren, P., Henriksson, O., Kuklane, K., Holmér, I., Naredi, P., & Björnstig, U. (2014). Validity and reliability of the Cold Discomfort Scale: A subjective judgement scale for the assessment of patient thermal state in a cold environment. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 28(3), 287–291. <http://doi.org/10.1007/s10877-013-9533-7>
- Mäkinen, T. M. (2007). Human cold exposure, adaptation, and performance in high latitude environments. *American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Council*, 19(2), 155–64. <http://doi.org/10.1002/ajhb.20627>
- Mäkinen, T. M., & Hassi, J. (2009). Health problems in cold work. *Industrial Health*, 47(3), 207–220.
- Mäkinen, T. M., Palinkas, L. A., Reeves, D. L., Pääkkönen, T., Rintamäki, H., Leppäluoto, J., & Hassi, J. (2006). Effect of repeated exposures to cold on cognitive performance in humans. *Physiology and Behavior*, 87(1), 166–176. <http://doi.org/10.1016/j.physbeh.2005.09.015>
- Mitu, F., & Leon, M. M. (2011). Exposure to cold environments at working places and cardiovascular disease. *Revista de Cercetare Si Interventie Sociala*, 33(1), 197–208.
- Nagashima, K., Tokizawa, K., Uchida, Y., Nakamura-matsuda, M., & Lin, C. (2012). Exercise and thermoregulation, (November 2014). <https://doi.org/10.7600/jpfs.1.73>
- Oliveira, A. Virgílio M., Adélio R. Gaspar, António M. Raimundo, and Divo A. Quintela. 2014. “Evaluation of Occupational Cold Environments: Field Measurements and Subjective Analysis.” *Industrial Health* 52 (3): 262–74. doi:10.2486/indhealth.2012-0078.
- Pozos, R. S., & Danzl, D. F. (n.d.). Chapter 11 human physiological responses to cold stress and hypothermia.
- Renberg, J., Stranna Tvetene, P., Wiggen, Ø., Roeleveld, K., Beekvelt, M., & Færevik, H. (2015). Muscle activity during simulated work in the cold. *Extreme Physiology & Medicine*, 4(Suppl
-

- 1), A113. <http://doi.org/10.1186/2046-7648-4-S1-A113>
- Strapazzon, G., Procter, E., Putzer, G., Avancini, G., Dal Cappello, T., Überbacher, N., ... Brugger, H. (2015). Influence of low ambient temperature on epitympanic temperature measurement: A prospective randomized clinical study. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, 23(1), 1–6. <http://doi.org/10.1186/s13049-015-0172-5>
- Sue-chu, Malcolm. 2012. “Winter Sports Athletes : Long-Term Effects of Cold Air Exposure,” 397–401. doi:10.1136/bjsports-2011-090822.
- Sutton, I. (2015). Chapter 7 – Health and industrial hygiene. *Plant Design and Operations*, 138–159. <http://doi.org/10.1016/B978-0-323-29964-0.00007-X>
- Wiggen, Ø. N., Heen, S., Færevik, H., & Reinertsen, R. E. (2011). Effect of cold conditions on manual performance while wearing petroleum industry protective clothing. *Industrial Health*, 49(4), 443–451. <http://doi.org/JST.JSTAGE/indhealth/MS1236> [pii]
- Zlatar, T., Baptista, J., & Costa, J. (2015). Physical working performance in cold thermal environment: A short review. In S. 2015 International Symposium on Safety and Hygiene (Ed.), *Occupational Safety and Hygiene III* (pp. 401–404). CRC Press. <http://doi.org/10.1201/b18042-81>
- Zlatar, T., Barkokébas, B., Martins, L., Brito, M., Torres Costa, J., Vaz, M., & Santos Baptista, J. (2017). Influence of cold thermal environment on packing workers from the frozen food processing industry. *Occupational Safety and Hygiene V - Proceedings of the International Symposium on Occupational Safety and Hygiene, SHO 2017*, 23–28. <http://doi.org/10.1201/9781315164809-6>
- Zlatar, T., Pereira Cardoso, J., Oliveira, J., Torres Costa, J., Vaz, M., & Santos Baptista, J. (2017). Evaluation on legislation and standards for working in severe cold thermal environment. *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene*.

ANEXO I-Resultados da revisão sistemática:

Estudos selecionados e características dos indivíduos utilizados

Referência (R)	Nome do artigo	Nº de Sujeitos	Média de Idades (Anos)	Média do Peso (Kg)	Altura (cm)
1-Li et al. (2009)	Blood Pressure and Thermal Responses to Repeated Whole Body Cold Exposure: Effect of Winter Clothing	8 H 16 M	27.1±9.0 (18 a 51)	63.1±13.3 (42 a 91)	165.9±9.2 (152 a 183)
2-Kluth et al. (2013)	Age-Related Physiological Responses to Working in Deep Cold	30 H (2 grupos)	25.9±3.5 (20 a 35) e 55.7±6.9 (40 a 65)	79.0 ± 12.4	183 ± 1
3-Wiggen et al. (2011)	Effect of Cold Conditions on Manual Performance While Wearing Petroleum Industry Protective Clothing	12 H	23.0±1.8	77 ± 8	170-190
4-Lundgren et al. (2014)	Validity and reliability of the Cold Discomfort Scale: a subjective judgement scale for the assessment of patient thermal state in a cold environment	13 H 9 M	23,3 ± 4,4	72,7 ± 15,3	178,9 ± 9,6
5-Kim et al. (2007)	Physiological Responses and Performance of Loading Work in a Severely Cold Environment	8 H	23.1±0.8	59.2± 1.7	167± 1.9
6- Flouris et al. (2008)	Effect of body temperature on cold induced vasodilation.	6 H 4 M	23.8±2.0	71.6 ± 11.4	180 ± 10
7-Daanen (2009)	Manual Performance Deterioration in the Cold Estimated Using the Wind Chill Equivalent Temperature.	12 H	27.0±6.0	76 ± 12	184± 8
8- Gao et al (2015)	Validation of standard ASTM F2732 and comparison with ISO 11079 with respect to comfort temperature ratings for cold protective clothing	9 H	24.1 ± 2.6	74.5 ± 6.6	181 ± 5
9- Renberg et al. (2015)	Muscle activity during simulated work in the cold	15 H	-	-	-
10- Strapazzon et al. (2015)	Influence of low ambient temperature on epitympanic temperature measurement: a prospective randomized clinical study	29 H 2 M	38 ± 12 (22 a 61)	-	-

H-Homens; M-Mulheres

Condições dos estudos selecionados

R	Tipo de Trabalho	Vestuário	Objetivo do estudo	Protocolo
1	Sentado (Estático)	*C1-Colete, camisa de manga comprida, calças até ao tornozelo e sapatos de corrida (0.6clo) C2-C1+Luvas, casaco comprido e cachecol (1.25 clo) C3-C1+C2+Chapéu (1.37 clo) C4- C1+C2+Calças (1.49 clo) C5-C1+C2+C3+C4 (1.51 Clo)	Examinar as respostas termofisiológicas do uso de diferentes roupas de inverno na exposição a frio	Reaquecimento (R): $24,0 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$; Frio (F): $-5,8 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$; 10 min R 15 min F 25 min 15 min F 25 min R 15 min F 25 min R 15 min F 15 min R
2	Ordenar paletes. Em média, os sujeitos moveram 227 itens com um peso total médio de aproximadamente 1,6 t /h	Roupa interior térmica, pullover, calças, Roupa de proteção contra frio (jaqueta grossa e calças compridas), chapéu, luvas térmicas, botas isolantes.	Verificar as mudanças fisiológicas no trabalho em ambientes frios e focar o envelhecimento como um importante problema ergonómico.	Reaquecimento (R): $20,0^{\circ}\text{C}$; Frio (F): -24°C 20 Min R 80 min F 20 min R 100 min F 20 min R 120 min F 20 min R
3	Repouso/Pedalar (Andar de bicicleta)	Valores de isolamento da roupa (clo) 1,18 ($22,0^{\circ}\text{C}$), 2,49 ($5,0^{\circ}\text{C}$), 2,72 ($-5,0^{\circ}\text{C}$), 4,2 ($-15,0^{\circ}\text{C}$) e 4,27 ($-25,0^{\circ}\text{C}$).	Investigar o desempenho manual e as respostas térmicas em indivíduos que usavam roupas de proteção padrão petrolíferas das indústrias do norte.	F1:20min a $22,0^{\circ}\text{C}$ F2:108 min a 22°C ou 108 min a 5°C , ou 108 min a - 5°C , ou 2. 108 min a -15°C , ou 2. 108 min a -25°C
4	Deitados num colchão (estático)	Roupa interior térmica, boné de lã, 2 pares de luvas, 2 pares de meias e uma capa. Os pés e as mãos foram reforçados	Avaliar a validade de uma escala numérica de desconforto na monitorização de indivíduos saudáveis expostos a -20°C durante 60 min.	Reaquecimento (R): $21,0^{\circ}\text{C}$; Frio (F): -20°C 15 min R 60 min F
5	Transporte de mercadorias de estantes para o empilhador	Roupa interior, calças (563 g), camisa de manga comprida (304 g), meias (60 g), um par de luvas (118 g), um capuz (195 g), calças de proteção contra frio (888 g), e um casaco protetor frio (1227 g). A massa total da roupa foi de 3,49 kg e o valor total de isolamento estimado foi de 3,4 clo. Os sujeitos também usavam botas anti-frio (1293 g).	Avaliar os efeitos do manuseamento repetitivo de mercadorias no desempenho manual e na resposta fisiológica dos trabalhadores num ambiente extremamente frio.	Reaquecimento (R): $20,0^{\circ}\text{C}$; Frio (F): -25°C Os 30 min no frio são divididos em 3 trabalho (D;TL;TP)

				20 min R 30 min F 20 min R 30 min F 20 min R 30 min F 20 min R
6	Sentado/pedalar (60% da capacidade cardíaca) /Sentado	2 Pares de calças, meias de lã, casaco, capuz ninja, luvas finas e luvas de proteção. Vestuário de controlo de temperatura (adicional)	Investigar a associação minuto a minuto entre a vasodilatação induzida pelo frio e temperatura do corpo durante uma exposição a frio prolongada.	Frio moderado: 5°C Frio (F):-20° C 60 min sentado 10 min bicicleta 60 min sentado
7	Sentado	Roupa de trabalho de inverno padrão da Royal Netherlands Air Force: Roupa interior térmica, farda, jardineira, gola, meias quentes, chapéu de pelo com orelhas, luvas, óculos para evitar o congelamento e as pegas nos tornozelos.	Avaliar a relação da diminuição da destreza relativamente á temperatura e condições de vento (contexto militar)	Sem informação base 0 ° C seco; max 60 min; 0,2 m/s max 60 min, 4m/s max 60 min, 8m/s -10°C molhado; max 60 min, 0,2m/s max 60 min, 4m/s; max 60 min, 8m/s -20 C: max 60 min, 0,2 m/s max 60 min, 4m/s max 60 min, 8m/s
8	Correr na passadeira a 2 ou 4 MET	Camisa, camisola de manga comprida de algodão e calças, meias masculinas, sapatilhas desportivas, luvas de lã á prova de vento, chapéu com acréscimo de casaco e calças do frio (2,28 ± 0,03 clo)	Validar e comparar a previsão das classificações de temperatura europeias (ISO 11079) e Americanas (ASTM F2732) usando humanos em 2 níveis de taxas metabólicas (116,4 e 232,8 W / m2) e fornecer evidências adicionais para melhorar as recomendações.	Reaquecimento (R): 21,9 °C; Frio (F):-30.6° C 35 min R 90 min(10 em 10min responde a um questionário) F 25min R
9	Exercícios dinâmicos localizados	Roupa de proteção do frio (não especificado)	Investigar o efeito de uma exposição realista a frio sobre a atividade muscular, usando a roupa de proteção contra o frio da indústria de mineração.	Frio (F):-15.° C 10 min flexão localizada dos músculos dos membros superiores x 5 5min de trabalho manuais diversos x 4

10	Sentados	Roupa de inverno incluindo chapéu, 10 voluntários usaram protetores de ouvido industriais.	Investigar a influência do isolamento das orelhas na diminuição da temperatura interna	Reaquecimento (R): 23.2 ± 0.4 °C Frio (F):-18.7° C 1° G:10min R 3 min R 15 min F 2° G:15min F 3min R 10 min R
----	----------	--	--	--

*C-Conjunto de roupa base D-Descanso; TL-Trabalho Ligeiro; TP-Trabalho Pesado F1-Fase 1; F2-Fase 2; MET-Equivalente metabólico da tarefa; G-Grupo

Variação da temperatura interna a diferentes temperaturas dos estudos selecionados

R	Tº (°C)	V. Ar (m/s)	Tempo de Exposição (min)	Variações		
				Tº Interna (°C)		
				Método	Controlo	Frio
1	-5.8	0.2	15 x 4*	-	-	-
2	-24	-	80	Tímpano	Jovens: 36.6 Mais velhos: 36.9	Jovens: -1.3 Mais velhos: -2.0
		-	120		Jovens: 36.6 Mais velhos: 36.9	Jovens: -1.5 Mais velhos: -2.2
3	-5	0.05	108	Retal	-	0.47±0.21
	-15				-	-0.50±0.20**
	-25				-	-0.55±0.57***
4	-20	0.2	60	-	-	-
5	-25	0.2	30 x3*	Retal	37.3±0.1	D: -1.1; TL: -0.8, TP: -0.6
6	-20	0.05	130	Média da Retal e Esofágica	-	36,31±0.57
7	-20	0.2	40	Retal	37.5	-0.11
		4			37.32	-0.20
		8			37.48	-0.23
	-10	0.2	40		37.22	-0.05
		4			37.08	-0.09

		8			37.22	-0.04
8	-30.6	-	90	Retal	≈37	T° similares, porém, ligeiramente maior na caminhada com maior intensidade (5,8 km / h)
9	-15	-	120	Retal	-	Não foram observadas diferenças entre as T° internas retais registada na exposição á temperatura de 5 e -15.
10	-18.7	-	15	Sonda esofágica e tímpano	T° Média (Tímpano) Normal: 33,4 ± 1,5 para 34,2 ± 0,8 (0min a 10min) Protetores: 35,0 ± 0,8 para 35,5 ± 0,70min a 10min) G1normal=32,0 ± 0,9 G2normal=34,6 ± 0,7 T° Média (Esofágica) 36.8 ± 0.4 °C para 36.8 ± 0.3 (0min a 10min)	T° Média (Tímpano) Normal: 32,4 ± 1,6 para 28,5 ± 2,0 (0min a 15min) Protetores: 35,6 ± 0,6 para 35,2 ± 0,9 (0min a 15min) G1normal=31.5 ± 1.4 G2normal=33.3 ± 1.3 T° Média (Esofágica) 36.7 ± 0.4 °C para 36.8 ± 0.4 (0min a 15min)

T°-Temperatura V-Velocidade do ar

*Exposição Repetida **A -15 ° C, apenas 10/12 finalizaram o ensaio, uma vez que a temperatura do dedo de sujeito diminuiu abaixo de 8 ° C. e outro abandonou após 74 e 81 min;

***A -25 ° C, apenas 5/12 terminaram o ensaio, uma vez que a temperatura do dedo diminuiu abaixo dos 8 ° C. e os restantes abandonaram após 31, 49, 54, 79, 80, 81 e 83 min.

Variação da temperatura da pele, pressão arterial e frequência cardíaca a diferentes temperaturas dos estudos selecionados

R	T° da Pele (°C)			PA (mmHg)		FC (bpm/min)	
	Método	Controlo	Frio	Controlo	Frio	Controlo	Frio
1	7 Sensores	(C3) 32.6±0.9	(C3) -2.4±0.6(variação de -3.8 a -1.1) Reaquecimento: -1,5 ± 0,5 (variação de -2,6 a -0,6)	(C3) PAS:114.9±10.1e PAD:72.9±8.2	(C3) No Frio: PAS:8,4 ± 5,0 (variação de -0,7 a 18,9)	(C3) 66.4±9.6	(C3) -1,0 ± 4 (variação de -7,5 a 8,9)

					PAD: $7,5 \pm 4,7$ (variação de -3,6 a 14,0) Reaquecimento: PAS: $1,3 \pm 5,7$ (intervalo de -13,0 a 11,8) PAD: $0,2 \pm 5,4$ (varia de -10,5 a 9,8)		Reaquecimento: $-3,1 \pm 4,6$ (variação de -12,3 a 6,5)
2	7 Sensores	-	Nariz: a temperatura diminuiu para 15, ficou com frio rapidamente enquanto aqueceu rapidamente. Dedo: diminuído para 16; Dedo do pé: diminuição menor mas contínua.	-	Jovens: PAS: 146 ± 20 PAD: 83 ± 13 Mais velhos: PAS: 149 ± 20 PAD: 85 ± 14 Em comparação com uma medida adicional da PA indivíduos em casa, regista-se um aumento de 15 PAS e PAD durante o trabalho no frio	-	Durante o trabalho: Jovens: +41 [Mais velhos: +33 Pico individual nos jovens: 78 Pico individual nos mais velhos: 54 Durante o frio: Jovens: +8 [Mais velhos: +3 Provavelmente por causa de mais 3 kg

							de roupas do frio) FC Média mais elevada nos jovens: 191; Utilização de 57 % da capacidade cardíaca no aquecimento e 62% no frio FC Média mais elevada nos mais velhos: 171; Utilização de 56% da capacidade cardíaca no aquecimento e de 59% no frio.
3	10 Sensores	-	Diminuiu durante a exposição a frio, com maior redução para $-4,55 \pm 0,75$ (-5) e $-4,81 \pm 1,26$ (-25) Dedos: A grande variação de temperatura foi devido às luvas que foram removidas para os testes manuais. A -15 um indivíduo registou menos de 8. A -25, apenas 5/12 terminou à medida que a temperatura diminuiu mais de 8.	-	-	-	-
4	3 Sensores	-	A temperatura do dedo anelar esquerdo ao longo do ensaio nunca baixou aos 8.	-	-	-	-

5	12 Sensores	32.3±0.2°C Dedo do pé: 27 a 29	<p>Diminui desde do início até ao final do ensaio. Ao entrar e sair do ambiente frio, registou-se variações medidas de 3.</p> <p>Após a última exposição (29,5 a 30)</p> <p>Dedo do pé: 12,5 a 14,5</p> <p>Gêmeo: D= 30,63 ± 0,30 TL: 29,60 ± 0,52 TP: 27,80 ± 0,33</p> <p>Dedos da mão:</p> <p>D= 8,59 ± 0,91; TL = 9,80 ± 1,26, TP = 9,88 ± 0,72, diminuição de cerca de 10 após cada exposição a frio.</p> <p>Braço:</p> <p>D= 28,32 ± 0,29; TL= 29,64 ± 0,55; TP= 29,60 ± 0,61</p> <p>Abdómen: (32 a 34) mostrou a menor variação de temperatura entre todas as condições de temperatura da pele ao longo do ensaio;</p> <p>Peito: 31 a 33,5</p>						
6	-	-	-			-	-	-	-
7	3 Sensores	V. Ar (m/s)	33.3	V (m/s)	32	-	-	-	-
		0.2		0.2					
		4	31.31	4	28.9				
		8	30.3	8	27.7				
8	10 Sensores	33.34 Dedo do pé: 20	<p>≈26</p> <p>- 5 quando comparada a uma exposição de 3.4;</p> <p>A temperatura do dedo mindinho da mão foi de cerca de -10 quando comparada a uma exposição de 3.4;</p> <p>Na maioria das vezes, a temperatura da pele do dedo do pé era inferior a 18;</p> <p>A temperatura média do dedo mindinho da mão entre os indivíduos variou a maior parte do tempo entre 5 e 10 quando usado luvas</p> <p>Dedo do pé:16</p>			-	-	-	
9	-	-	<p>A -15 em comparação com a exposição 5 a temperatura média da pele e a temperatura da pele do dedo caíram 2,7 e 10-15 ° C, respetivamente.</p> <p>A temperatura da pele do antebraço foi estável em torno de 32,5 e 30,9 na exposição a 5 e 15, respetivamente.</p>			-	-	-	-
10	-	-	-			-	-	-	-

PA-Pressão arterial; PAS-Pressão Arterial Sistólica; PAD-Pressão Arterial Diastólica; FC-Frequência Cardíaca.

Resultados dos tempos de recuperação das variáveis dos estudos selecionados

R	Tempo de Recuperação			
	T° Interna	T° da Pele (°C)	PA(mmHg)	FC (bpm/min)
1	-	A exposição a frio repetido teve um efeito significativo no período médio de recuperação da temperatura da pele, não atingindo o nível de base do teste após 15 minutos de recuperação	C3 e C5:Recuperada após 5 minutos de aquecimento C4:10 Minutos C1 e C2: 20 minutos;	25 Minutos. A exposição a frio repetida teve um efeito significativo nas diminuições de FC (maior durante os as 1° Exposições $-3,5 \pm 3,4$) do que durante a 4°
2	-	Em ambos os grupos etários, um período de aquecimento de 20 min a aproximadamente a 20 não foi possível para recuperar a T° interna por completo.	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	-	T° do dedo é recuperada no reaquecimento (20 min)		
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	-	-
10	-	-	-	-

Anexo II - Cálculo do índice de isolamento requerido

CALCULATION OF REQUIRED INSULATION, IREQ AND DURATION LIMITED EXPOSURE, Dlim

130	M (W/m ²), Metabolic energy production (58 to 400 W/m ²)
0	W (W/m ²), Rate of mechanical work, (normally 0)
-20	Ta (C), Ambient air temperature (< +10 C)
-20	Tr (C), Mean radiant temperature (often close to ambient air temperature)
5	p (l/m ² s), Air permeability (low < 5, medium 50, high > 100 l/m ² s)
1.2	w (m/s), Walking speed (or calculated work created air movements)
0.4	v (m/s), Relative air velocity (0.4 to 18 m/s)
30	rh (%), Relative humidity
5.12	Icl (clo), AVAILABLE basic clothing insulation (1 clo = 0.155 W/m ² K)

IREQ & Dlim RESULTS (minimal to neutral)

Insulation Required, IREQ to (clo)

REQUIRED basic clothing insulation (ISO 9920), Icl to (clo)

Duration limited exposure, Dlim to (hours)

AVAILABLE > REQUIRED MINIMAL & NEUTRAL basic clothing insulation